

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/085017 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 31/049 (2014.01) *H01L 31/18* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2016/077587

(22) Date de dépôt international :

14 novembre 2016 (14.11.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

15 60982 16 novembre 2015 (16.11.2015) FR

(71) Déposants : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; Bat le Ponant, 25 rue Leblanc, 75015 Paris (FR). EDF ENR PWT [FR/FR]; 100 Esplanade du Général de Gaulle, Coeur Défense - Tour B, 92932 Paris La Defense Cedex (FR).

(72) Inventeurs : GAUME, Julien; 4 rue Marius Souvy, 38110 La Tour Du Pin (FR). LEFILLASTRE, Paul; 18 rue de la Glacière, 75013 Paris (FR). GOAER, Gilles; 33 rue Saint-Honoré, Z.I. Champfleuri, CS 14012, 38307 Bourgoin-Jallieu (FR). LE QUANG, Nam; 33 rue Saint-Honoré, Z.I.

Champfleuri, CS 14012, 38307 Bourgoin-Jallieu (FR). WILLIATTE, Samuel; 33 rue Saint-Honoré, Z.I. Champfleuri, CS 14012, 38307 Bourgoin-Jallieu (FR).

(74) Mandataire : BREVALEX; 95, rue d'Amsterdam, 75378 Paris Cedex 8 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : LIGHTWEIGHT PHOTOVOLTAIC MODULE COMPRISING A FRONT LAYER MADE FROM GLASS OR POLYMER AND A REAR HONEYCOMB LAYER

(54) Titre : MODULE PHOTOVOLTAÏQUE LÉGER COMPORTANT UNE COUCHE AVANT EN VERRE OU POLYMÈRE ET UNE COUCHE ARRIÈRE ALVÉOLAIRE

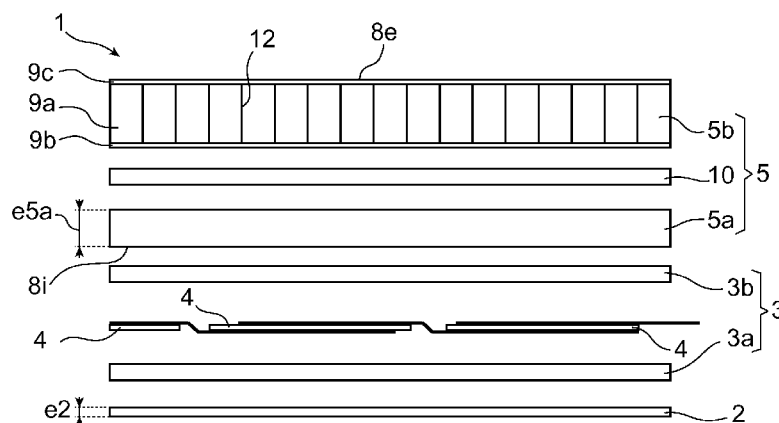


FIG. 3

(57) Abstract : The main subject matter of the invention is a lightweight photovoltaic module (1) comprising: a first transparent layer (2) forming the front face; photovoltaic cells (4); an assembly (3) encapsulating the photovoltaic cells (4); and a second layer (5) forming the rear face and comprising inner (8i) and outer (8e) surfaces. The encapsulating assembly (3) and the photovoltaic cells (4) are located between the first (2) and second (5) layers. The module is characterised in that: the first layer (2) is made from glass and/or polymer material and has a thickness (e2) that is less than or equal to 1.1 mm; the inner (8i) and outer (8e) surfaces are substantially planar; and the second layer (5) comprises a rear panel (5, 5b) made from composite material, comprising a core (9a) and two plates (9b, 9c) disposed on each side of the core (9a), said core comprising a honeycomb structure (12).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2017/085017 A1



SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

L'objet principal de l'invention est un module photovoltaïque léger (1) comportant : une première couche (2) transparente formant la face avant, des cellules photovoltaïques (4), un ensemble encapsulant (3) les cellules photovoltaïques (4), et une deuxième couche (5) formant la face arrière comportant des surfaces interne (8i) et externe (8e), l'ensemble encapsulant (3) et les cellules photovoltaïques (4) étant situés entre les première (2) et deuxième (5) couches, caractérisé en ce que la première couche (2) est réalisée en verre et/ou en matériau polymère et présente une épaisseur (e2) inférieure ou égale à 1,1mm, en ce que les surfaces interne (8i) et externe (8e) sont sensiblement planes, et en ce que la deuxième couche (5) comporte un panneau arrière (5, 5b) en matériau composite, comprenant une âme (9a) et deux plaques (9b, 9c), disposées de part et d'autre de l'âme (9a), l'âme comportant une structure alvéolaire (12).

MODULE PHOTOVOLTAÏQUE LÉGER COMPORTANT UNE COUCHE AVANT EN VERRE OU POLYMÈRE ET UNE COUCHE ARRIÈRE ALVÉOLAIRE

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention se rapporte au domaine des modules photovoltaïques, qui comportent un ensemble de cellules photovoltaïques reliées entre elles électriquement, et préférentiellement des cellules photovoltaïques dites « cristallines », c'est-à-dire qui sont à base de silicium monocristallin ou multicristallin.

10 L'invention peut être mise en œuvre pour de nombreuses applications, étant particulièrement concernée par les applications qui requièrent l'utilisation de modules photovoltaïques légers, en particulier d'un poids par unité de surface inférieur ou égal à 7 kg/m², notamment inférieur ou égal à 6 kg/m², voire 5 kg/m², et présentant des propriétés de résistance mécanique respectant les normes IEC 61215 et IEC 61730. Elle
15 peut ainsi notamment être appliquée pour des bâtiments tels que des habitats ou locaux industriels (tertiaires, commerciaux, ...), par exemple pour la réalisation de leurs toitures, pour la conception de mobilier urbain, par exemple pour de l'éclairage public, la signalisation routière ou encore la recharge de voitures électriques, voire également être
20 utilisée pour des applications nomades, en particulier pour une intégration sur des voitures, bus ou bateaux, entre autres.

L'invention propose ainsi un module photovoltaïque comportant une première couche formant la face avant du module, réalisée en verre et/ou en matériau polymère, et une deuxième couche formant la face arrière du module, comprenant un
panneau arrière pourvu d'une âme avec une structure alvéolaire, ainsi qu'un procédé de
25 réalisation d'un tel module photovoltaïque.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Un module photovoltaïque est un assemblage de cellules photovoltaïques disposées côte à côte entre une première couche transparente formant une face avant du

module photovoltaïque et une seconde couche formant une face arrière du module photovoltaïque.

La première couche formant la face avant du module photovoltaïque est avantageusement transparente pour permettre aux cellules photovoltaïques de recevoir un flux lumineux. Elle est traditionnellement réalisée en une seule plaque de verre, présentant une épaisseur typiquement comprise entre 2 et 4 mm, classiquement de l'ordre de 3 mm.

La deuxième couche formant la face arrière du module photovoltaïque peut quant à elle être réalisée à base de verre, de métal ou de plastique, entre autres. Elle est souvent formée par une structure polymérique à base d'un polymère isolant électrique, par exemple du type polytéréphtalate d'éthylène (PET) ou polyamide (PA), pouvant être protégée par une ou des couches à base de polymères fluorés, comme le polyfluorure de vinyle (PVF) ou le polyfluorure de vinylidène (PVDF), et ayant une épaisseur de l'ordre de 400 µm.

Les cellules photovoltaïques peuvent être reliées électriquement entre elles par des éléments de contact électrique avant et arrière, appelés conducteurs de liaison, et formés par exemple par des bandes de cuivre étamé, respectivement disposées contre les faces avant (faces se trouvant en regard de la face avant du module photovoltaïque destinée à recevoir un flux lumineux) et arrière (faces se trouvant en regard de la face arrière du module photovoltaïque) de chacune des cellules photovoltaïques.

Par ailleurs, les cellules photovoltaïques, situées entre les première et deuxième couches formant respectivement les faces avant et arrière du module photovoltaïque, peuvent être encapsulées. De façon classique, l'encapsulant choisi correspond à un polymère du type élastomère (ou caoutchouc), et peut par exemple consister en l'utilisation de deux couches (ou films) de poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA) entre lesquelles sont disposées les cellules photovoltaïques et les conducteurs de liaison des cellules. Chaque couche d'encapsulant peut présenter une épaisseur d'au moins 0,2 mm et un module de Young typiquement compris entre 2 et 400 MPa à température ambiante.

On a ainsi représenté partiellement et schématiquement, respectivement en coupe sur la figure 1 et en vue éclatée sur la figure 2, un exemple classique de module photovoltaïque 1 comportant des cellules photovoltaïques 4 cristallines.

Comme décrit précédemment, le module photovoltaïque 1 comporte une face avant 2, généralement réalisée en verre trempé transparent d'épaisseur d'environ 3 mm, et une face arrière 5, par exemple constituée par une feuille polymère, opaque ou transparente, monocouche ou multicouche, ayant un module de Young supérieur à 400 MPa à température ambiante.

Entre les faces avant 2 et arrière 5 du module photovoltaïque 1 se situent les cellules photovoltaïques 4, reliées électriquement entre elles par des conducteurs de liaison 6 et immergées entre deux couches avant 3a et arrière 3b de matériau d'encapsulation formant toutes les deux un ensemble encapsulant 3.

Par ailleurs, les figures 1 et 2 représentent également la boîte de jonction 7 du module photovoltaïque 1, destinée à recevoir le câblage nécessaire à l'exploitation du module. Classiquement, cette boîte de jonction 7 est réalisée en plastique ou en caoutchouc, et présente une étanchéité complète.

De façon habituelle, le procédé de réalisation du module photovoltaïque 1 comporte une étape dite de lamination sous vide des différentes couches décrites précédemment, à une température supérieure ou égale à 120°C, voire 140°C, voire encore 150°C, et inférieure ou égale à 170°C, typiquement comprise entre 145 et 160°C, et pendant une durée du cycle de lamination d'au moins 10 minutes, voire 15 minutes.

Pendant cette étape de lamination, les couches de matériau d'encapsulation 3a et 3b fondent et viennent englober les cellules photovoltaïques 4, en même temps que l'adhérence se crée à toutes les interfaces entre les couches, à savoir entre la face avant 2 et la couche avant de matériau d'encapsulation 3a, la couche de matériau d'encapsulation 3a et les faces avant 4a des cellules photovoltaïques 4, les faces arrière 4b des cellules photovoltaïques 4 et la couche arrière de matériau d'encapsulation 3b, et la couche arrière de matériau d'encapsulation 3b et la face arrière 5 du module photovoltaïque 1. Le module photovoltaïque 1 obtenu est ensuite encadré, typiquement par le biais d'un profilé en aluminium.

Une telle structure est maintenant devenue un standard qui possède une résistance mécanique importante grâce à l'utilisation d'une face avant 2 en verre épais, lui permettant dans la majorité des cas de respecter les normes IEC 61215 et IEC 61730.

Néanmoins, un tel module photovoltaïque 1 selon la conception classique de l'art antérieur présente l'inconvénient d'avoir un poids élevé, en particulier un poids par unité de surface d'environ 12 kg/m², et n'est ainsi pas adapté pour certaines applications pour lesquelles la légèreté est une priorité.

Ce poids élevé du module photovoltaïque 1 provient principalement de la présence du verre épais, avec une épaisseur d'environ 3 mm, pour former la face avant 2, la densité du verre étant en effet élevée, de l'ordre de 2,5 kg/m²/mm d'épaisseur. Pour pouvoir résister aux contraintes lors de la fabrication et également pour des raisons de sécurité, par exemple du fait du risque de coupure, le verre est trempé. Or, l'infrastructure industrielle de la trempe thermique est configurée pour traiter du verre d'au moins 3 mm d'épaisseur. En outre, le choix d'avoir une épaisseur de verre d'environ 3 mm est également lié à une résistance mécanique à la pression normée de 5,4 kPa. En définitif, le verre représente ainsi à lui seul pratiquement 70 % du poids du module photovoltaïque 1, et plus de 80 % avec le cadre en aluminium autour du module photovoltaïque 1.

Aussi, afin d'obtenir une réduction significative du poids d'un module photovoltaïque pour permettre son utilisation dans de nouvelles applications exigeantes en termes de légèreté, il existe un besoin pour trouver une solution alternative à l'utilisation d'un verre d'épaisseur d'environ 3 mm en face avant du module.

Pour cela, des solutions ont été proposées dans la littérature brevet pour développer d'autres types de modules photovoltaïques légers et souples, dépourvus de cadre métallique, à partir de cellules à base de l'alliage CIGS (cuivre, indium, gallium et sélénium) ou à base de silicium à couche mince, tout en remplaçant le verre en face avant par des matériaux polymères plus légers et plus minces. On peut ainsi citer à ce titre la demande de brevet FR 2 955 051 A1, la demande de brevet américain US 2005/0178428 A1 ou encore les demandes internationales WO 2008/019229 A2 et WO 2012/140585 A1.

Les modules photovoltaïques obtenus possèdent un poids surfacique très inférieur à celui des modules photovoltaïques classiquement réalisés avec du verre épais en face avant. Cependant, leurs propriétés mécaniques ne sont pas suffisantes pour résister aux contraintes, notamment mécaniques, imposées en particulier par la norme IEC 61215.

D'autres solutions de l'art antérieur concernent l'utilisation d'un verre mince en face avant du module photovoltaïque. Ce verre mince peut être appliqué au module photovoltaïque à la condition d'avoir été préalablement « durci » grâce au procédé de trempe chimique. Il est alors possible d'obtenir de manière simple un gain de poids significatif. On peut ainsi citer à ce sujet les demandes internationales WO 2010/019829 A1, WO 2013/024738 A1 et WO 2008/139975 A1, ainsi que la demande de brevet européen EP 2 404 321 A1.

Toutefois, le simple remplacement du verre épais d'environ 3 mm d'épaisseur par un verre mince en face avant du module photovoltaïque a pour conséquence de dégrader les propriétés de résistance mécanique du module, de sorte que celui-ci ne possède plus une structure suffisante pour résister aux contraintes, notamment mécaniques, imposées en particulier par la norme IEC 61215.

Pour pallier à ce problème, certaines solutions prévoient alors de renforcer la face arrière du module photovoltaïque, pourvu d'un cadre métallique, à l'aide de traverses métalliques dans le but d'éviter sa flexion lorsqu'il est soumis à une charge mécanique. On peut ainsi citer par exemple la demande de brevet européen EP 2 702 613 A1.

Néanmoins, bien que ces solutions permettent de réduire le poids du module photovoltaïque tout en respectant les normes imposées sur les propriétés mécaniques, elles demandent un renfort important du cadre et le poids surfacique de ce type de module photovoltaïque reste supérieur à 7 kg/m² lorsque le verre mince utilisé présente une épaisseur supérieure ou égale à 1,1 mm.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Il existe ainsi un besoin pour concevoir une solution alternative de module photovoltaïque prévu pour être suffisamment léger afin de s'adapter à certaines applications, tout en présentant des propriétés mécaniques lui permettant d'être conforme aux normes IEC 61215 et IEC 61730.

L'invention a pour but de remédier au moins partiellement aux besoins mentionnés précédemment et aux inconvénients relatifs aux réalisations de l'art antérieur.

L'invention a ainsi pour objet, selon l'un de ses aspects, un module photovoltaïque comportant :

- une première couche transparente formant la face avant du module photovoltaïque, destinée à recevoir un flux lumineux,
- une pluralité de cellules photovoltaïques disposées côte à côte et reliées électriquement entre elles,

- un ensemble encapsulant la pluralité de cellules photovoltaïques,
- une deuxième couche formant la face arrière du module photovoltaïque, la deuxième couche comportant une surface interne, au contact de l'ensemble encapsulant, et une surface externe, opposée à la surface interne, l'ensemble encapsulant et la pluralité de cellules photovoltaïques étant situés entre les première et deuxième couches, caractérisé en ce que la première couche est réalisée en verre et/ou en au moins un matériau polymère et présente une épaisseur inférieure ou égale à 1,1 mm, en ce que les surfaces interne et externe de la deuxième couche sont sensiblement planes,

et en ce que la deuxième couche comporte en outre une couche arrière formant un panneau arrière en matériau composite, comprenant une sous-couche principale, formant l'âme du panneau arrière, et deux sous-couches de recouvrement, formant chacune une plaque du panneau arrière, disposées de part et d'autre de l'âme de sorte que l'âme soit prise en sandwich entre les deux plaques, l'âme du panneau arrière comportant une structure alvéolaire.

Ainsi, de façon avantageuse, le principe de l'invention consiste à la fois à remplacer le verre épais standard d'une épaisseur d'environ 3 mm, habituellement utilisé dans un module photovoltaïque classique, par une première couche plus mince en verre et/ou en au moins un matériau polymère, et à modifier la face arrière du module photovoltaïque pour prévoir la présence d'une structure alvéolaire.

Comme il sera explicité par la suite au travers des modes de réalisation privilégiés de l'invention, la deuxième couche du module photovoltaïque peut être formée en une ou plusieurs parties, à savoir qu'elle peut consister en une seule et même couche, monocouche ou multicouche, comprenant ladite structure alvéolaire ou en un ensemble comprenant au moins deux couches dont l'une comprend ladite structure alvéolaire, chacune desdites au moins deux couches étant monocouche ou multicouche, et dont la réunion forme la deuxième couche. En particulier, la deuxième couche sous forme d'une seule partie peut consister en un renfort alvéolaire disposé au contact de l'ensemble encapsulant, tandis que la deuxième couche sous forme de plusieurs parties peut consister en une première couche, monocouche ou multicouche, semblable à une couche formant la face arrière d'un module photovoltaïque selon la conception classique de l'art antérieur, et en une deuxième couche sous la forme d'un renfort alvéolaire.

Le terme « transparent » signifie que le matériau de la première couche formant la face avant du module photovoltaïque est au moins partiellement transparent à la lumière visible, laissant passer au moins environ 80 % de cette lumière.

En outre, par le terme « encapsulant » ou « encapsulé », il faut comprendre que la pluralité de cellules photovoltaïques est disposée dans un volume, par exemple hermétiquement clos vis-à-vis des liquides, au moins en partie formé par au moins deux couches de matériau d'encapsulation, réunies entre elles après lamination pour former l'ensemble encapsulant.

En effet, initialement, c'est-à-dire avant toute opération de lamination, l'ensemble encapsulant est constitué par au moins deux couches de matériau d'encapsulation, dites couches de cœur, entre lesquelles la pluralité de cellules photovoltaïques est encapsulée. Toutefois, pendant l'opération de lamination des couches, les couches de matériau d'encapsulation fondent pour ne former, après

l'opération de lamination, qu'une seule couche (ou ensemble) solidifiée dans laquelle sont noyées les cellules photovoltaïques.

Grâce à l'invention, il peut ainsi être possible d'obtenir un nouveau type de module photovoltaïque rigide, présentant un poids sensiblement inférieur à celui d'un module photovoltaïque classique tel que décrit précédemment, notamment pratiquement deux fois inférieur au poids d'un module classique, à savoir d'un poids inférieur ou égal à 7 kg/m², voire 6 kg/m², voire encore 5 kg/m², contre environ 12 kg/m² pour un module classique. De plus, le module photovoltaïque proposé par l'invention conserve des propriétés mécaniques équivalentes à celles des modules photovoltaïques traditionnels utilisant un verre épais d'environ 3 mm d'épaisseur en face avant.

Le module photovoltaïque selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises isolément ou suivant toutes combinaisons techniques possibles.

De façon préférentielle, le panneau arrière, notamment la structure alvéolaire, est dépourvu de relief formant saillie relativement à sa surface.

La première couche peut être réalisée en verre, et notamment en verre trempé, texturé ou non texturé.

La première couche peut encore être réalisée en au moins un matériau polymère, par exemple texturé ou non texturé, notamment choisi parmi : le polycarbonate (PC), le polyméthacrylate de méthyle (PMMA), notamment du PMMA monophasé (non choc) ou du PMMA multi-phasé (choc), par exemple du PMMA choc nanostructuré, tel que celui commercialisé par la société Altuglas® sous la marque Altuglas® Shield-Up®, le polytéréphtalate d'éthylène (PET), le polyamide (PA), un polymère fluoré, notamment le polyfluorure de vinyle (PVF) ou le polyfluorure de vinylidène (PVDF), l'éthylène tétrafluoroéthylène (ETFE), l'éthylène chlorotrifluoroéthylène (ECTFE), le polytetrafluoroéthylène (PTFE) et/ou le polychlorotrifluoroéthylène (PCTFE).

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, la deuxième couche peut être constituée par un ensemble d'au moins une première couche arrière, au contact de l'ensemble encapsulant, et une deuxième couche arrière alvéolaire de sorte que la

première couche arrière est disposée entre l'ensemble encapsulant et la deuxième couche arrière alvéolaire, la surface interne de la deuxième couche étant formée par la surface interne, au contact de l'ensemble encapsulant, de la première couche arrière et la surface externe de la deuxième couche étant formée par la surface externe de la deuxième couche arrière alvéolaire, laquelle forme le panneau arrière comprenant l'âme pourvue de la structure alvéolaire.

La deuxième couche peut en outre comporter une couche adhésive entre la première couche arrière et la deuxième couche arrière alvéolaire, pour permettre l'assemblage de la deuxième couche arrière alvéolaire à la première couche arrière.

Par « couche adhésive », on entend une couche permettant, une fois l'ensemble formé par la première couche, l'ensemble encapsulant, les cellules photovoltaïques et la première couche arrière réalisé, à la deuxième couche arrière alvéolaire d'adhérer à la première couche arrière. Il s'agit ainsi d'une couche permettant une compatibilité chimique et une adhésion entre la première couche arrière et la deuxième couche arrière alvéolaire. En particulier, la couche adhésive peut notamment être une colle silicone. La couche adhésive peut également être un adhésif sensible à la pression, également appelé PSA pour « Pressure Sensitive Adhesive » en anglais. Le PSA est composé d'une base d'élastomère possédant une résine pégueuse thermoplastique de faible masse moléculaire, par exemple de type ester. La base d'élastomère est par exemple un acrylique, un caoutchouc (butyle, naturel ou silicone), un nitrile, un copolymère à bloc styrène (SBC) (par exemple, styrene-butadiène-styrene (SBS), styrene-ethylene/butylene-styrene (SEBS), styrene-ethylene/propylene (SEP), styrene-isoprene-styrene (SIS)) ou un ether de vinyle. La base d'élastomère peut être également de l'éthylène-acétate de vinyle, ou EVA pour « Ethylene-Vinyl Acetate » en anglais, avec un taux élevé d'acétate de vinyle.

Par ailleurs, la première couche arrière peut comporter un film mono ou multicouche polymère.

De préférence, la première couche arrière comporte un film du type Tedlar®/polytéréphtalate d'éthylène (PET)/Tedlar® (ou encore TPT). La première couche arrière peut encore comporter un film polymère à base de polyoléfines, notamment un film

multicouche coextrudé à base de polypropylène (PP), polyamide (PA) et polyéthylène (PE), par exemple un film de la gamme Reflexolar® commercialisée par la société Renolit. La première couche arrière peut encore comporter un film polymère à base de polyoléfines greffées polyamides, par exemple un film obtenu à partir de la gamme Jurasol BS1 commercialisée par la société Juraplast.

De façon générale, la première couche arrière peut encore être réalisée comme selon la couche arrière d'un module photovoltaïque de conception classique, à savoir à base de verre, de métal ou de plastique, entre autres. Elle peut par exemple être formée par une structure polymérique à base d'un polymère isolant électrique, par exemple du type polytéréphtalate d'éthylène (PET), polyamide (PA) ou polypropylène (PP) pouvant être protégée par une ou des couches à base de polymères fluorés, comme le polyfluorure de vinyle (PVF) ou le polyfluorure de vinylidène (PVDF).

En outre, la première couche arrière peut présenter une épaisseur comprise entre 150 et 600 µm, notamment de l'ordre de 400 µm.

De façon avantageuse, la première couche arrière comporte une surface interne, au contact de l'ensemble encapsulant, sensiblement plane et une surface externe, au contact de la deuxième couche arrière alvéolaire, sensiblement plane.

De façon avantageuse, la deuxième couche arrière alvéolaire forme un renfort mécanique fixé à la première couche arrière. Autrement dit, elle forme une pièce assurant la tenue mécanique du module photovoltaïque.

Préférentiellement, les dimensions de la deuxième couche arrière alvéolaire sont au moins égales aux dimensions de la première couche du module photovoltaïque.

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, la deuxième couche arrière peut être constituée par une unique couche arrière alvéolaire, au contact de l'ensemble encapsulant, formant le panneau arrière comprenant l'âme pourvue de la structure alvéolaire.

De façon générale, l'âme du panneau arrière peut comporter une structure alvéolaire sous forme de nid d'abeilles, notamment réalisée en métal, par exemple aluminium, en polyimide, en polycarbonate (PC), en polypropylène (PP) ou en fibres synthétiques hautes performances, par exemple de type Nomex®.

En variante, l'âme du panneau arrière peut comporter une structure alvéolaire sous forme de mousse, notamment réalisée en polytéréphtalate d'éthylène (PET) ou en polyuréthane (PU). Une telle structure peut aussi être appelée structure cellulaire, par exemple à cellules fermées.

5 En outre, les plaques du panneau arrière peuvent être réalisées en matériau composite, par exemple de type préimprégné (également appelé prépeg) à base de fibres de verre et de résine époxy, en métal, notamment en aluminium, en polycarbonate (PC) ou en polyméthacrylate de méthyle (PMMA).

10 Les plaques du panneau arrière peuvent, le cas échéant, être recouvertes d'un film mono ou multicouche polymère, par exemple du type Tedlar®.

Par ailleurs, le module photovoltaïque présente avantageusement un poids surfacique inférieur ou égal à 7 kg/m², notamment inférieur ou égal à 6 kg/m², notamment encore inférieur ou égal à 5 kg/m². Préférentiellement, un tel module photovoltaïque comporte par exemple une soixantaine de cellules photovoltaïques en silicium cristallin de dimension 156 mm x 156 mm. L'invention n'est cependant pas limitée à un nombre fixe de cellules et pourrait s'appliquer à des modules présentant plus ou moins de cellules.

20 De plus, le panneau arrière peut présenter un poids surfacique inférieur ou égal à 3 kg/m², notamment inférieur ou égal à 2 kg/m², notamment encore inférieur ou égal à 1 kg/m².

En outre, la deuxième couche arrière peut comporter une pluralité de zones de fixation, destinées à permettre la fixation du module photovoltaïque à des traverses supports pour former un panneau de modules photovoltaïques.

25 Les zones de fixation peuvent avantageusement être configurées pour autoriser un écartement desdites traverses supports, par exemple compris entre 735 et 1045 mm.

Par ailleurs, la deuxième couche peut comporter des moyens de renforcement d'au moins une zone de fixation, notamment toutes les zones de fixation, comportant notamment un matériau composite, par exemple un mélange de type

époxy/billes de verre, du bois, un polymère thermodurcissable, du métal, par exemple de l'aluminium, entre autres.

De plus, la deuxième couche peut comporter des moyens de renforcement d'au moins un de ses bords longitudinaux, notamment de ses deux bords longitudinaux, prévus pour renforcer la résistance de la deuxième couche lors d'une étape de lamination à chaud, comportant notamment un matériau polymère, par exemple de l'époxy, du bois ou du métal, par exemple de l'aluminium, entre autres.

De plus, l'ensemble encapsulant peut être réalisé à partir d'au moins un matériau polymère choisi parmi : les copolymères d'acides, les ionomères, le poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA), les acétals de vinyle, tels que les polyvinylbutyrals (PVB), les polyuréthanes, les chlorures de polyvinyle, les polyéthylènes, tels que les polyéthylènes linéaires basse densité, les polyoléfines élastomères de copolymères, les copolymères d' α -oléfines et des α -, β - esters d'acide carboxylique à éthylénique, tels que les copolymères éthylène-acrylate de méthyle et les copolymères éthylène-acrylate de butyle, les élastomères de silicone et/ou les résines époxy, entre autres.

De préférence, l'ensemble encapsulant peut être réalisé à partir de deux couches de poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA) d'épaisseur au moins égal à 200 μm , entre lesquelles sont disposées les cellules photovoltaïques.

Les cellules photovoltaïques peuvent être choisies parmi : des cellules photovoltaïques homojonction ou hétérojonction à base de silicium monocristallin (c-Si) et/ou multi-cristallin (mc-Si), et/ou des cellules photovoltaïques comprenant au moins un matériau parmi le silicium amorphe (a-Si), le silicium microcristallin ($\mu\text{C-Si}$), le tellure de cadmium (CdTe), le cuivre-indium sélénure (CIS) et le cuivre-indium/gallium disélénure (CIGS), entre autres.

Par ailleurs, les cellules photovoltaïques peuvent présenter une épaisseur comprise entre 1 et 300 μm .

Le module photovoltaïque peut en outre comporter une boîte de jonction, destinée à recevoir le câblage nécessaire à l'exploitation du module photovoltaïque.

La boîte de jonction peut être intégrée dans l'épaisseur du panneau arrière, notamment dans l'épaisseur de l'âme du panneau arrière.

Au moins une partie du câblage relié à la boîte de jonction peut traverser la plaque du panneau arrière opposée à la plaque du panneau arrière formant la face extérieure arrière du module photovoltaïque.

De plus, la boîte de jonction peut comporter les diodes de bypass.

5 Par ailleurs, quand bien même la première couche formant la face avant du module photovoltaïque est transparente, la deuxième couche formant la face arrière du module photovoltaïque peut être ou non transparente, étant notamment opaque.

En outre, l'espacement entre deux cellules photovoltaïques voisines, ou encore consécutives ou adjacentes, peut être supérieur ou égal à 1 mm, notamment
10 compris entre 1 et 30 mm, et de préférence égal à 3 mm.

De plus, l'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé de réalisation d'un module photovoltaïque tel que défini précédemment, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape de lamination à chaud, à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée du cycle de lamination d'au moins 10
15 minutes, d'au moins une partie des couches constitutives du module photovoltaïque.

Selon une première variante, le procédé peut être mis en œuvre pour la réalisation d'un module photovoltaïque selon le premier mode de réalisation de l'invention décrit précédemment, et peut alors comporter les deux étapes successives suivantes :

20 a) lamination à chaud, à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée du cycle de lamination d'au moins 10 minutes, de l'ensemble formé par la première couche, l'ensemble encapsulant, les cellules photovoltaïques et la première couche arrière pour l'obtention d'un laminé photovoltaïque,

b) assemblage de la deuxième couche arrière sur ledit laminé photovoltaïque, notamment sur la première couche arrière, par le biais d'une couche adhésive.
25

Selon une deuxième variante, le procédé peut encore être mis en œuvre pour la réalisation d'un module photovoltaïque selon le deuxième mode de réalisation de l'invention décrit précédemment, et peut alors comporter l'unique étape de lamination à chaud, à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée du cycle de

lamination d'au moins 10 minutes, de l'ensemble formé par la première couche, l'ensemble encapsulant, les cellules photovoltaïques et la deuxième couche.

Comme indiqué précédemment, la deuxième couche peut comporter une pluralité de zones de fixation, destinées à permettre la fixation du module photovoltaïque à des traverses supports pour former un panneau de modules photovoltaïques, et alors le procédé peut comporter l'étape de renforcement local d'au moins une zone de fixation, notamment toutes les zones de fixation, par le biais de moyens de renforcement, comportant notamment un matériau composite, par exemple un mélange de type époxy/billes de verre, du bois, un polymère thermodurcissable, du métal, par exemple de l'aluminium, entre autres.

Par ailleurs, le procédé peut encore comporter l'étape de renforcement local d'au moins un des bords longitudinaux, notamment les deux bords longitudinaux, de la deuxième couche par le biais de moyens de renforcement, prévus pour renforcer la résistance de la deuxième couche lors de l'étape de lamination à chaud, comportant notamment un matériau polymère, par exemple de l'époxy, du bois ou du métal, par exemple de l'aluminium, entre autres.

En outre, le procédé peut comporter l'étape d'intégration d'une boîte de jonction, destinée à recevoir le câblage nécessaire à l'exploitation du module photovoltaïque, dans l'épaisseur du panneau arrière, notamment dans l'épaisseur de l'âme du panneau arrière.

L'étape d'intégration de la boîte de jonction dans l'épaisseur du panneau arrière peut comporter les étapes successives suivantes :

a) usinage d'une portion de la plaque formant la face extérieure arrière du module photovoltaïque et de la structure alvéolaire pour former une cavité d'insertion de la boîte de jonction,

b) positionnement du fond de la boîte de jonction dans ladite cavité d'insertion,

c) mise en place d'au moins une partie du câblage relié à la boîte de jonction au travers de la plaque opposée à la plaque formant la face extérieure arrière du module photovoltaïque,

d) mise en place de diodes de bypass dans la boîte de jonction et fermeture de la boîte de jonction.

Le module photovoltaïque et le procédé de réalisation selon l'invention peuvent comporter l'une quelconque des caractéristiques précédemment énoncées, prises isolément ou selon toutes combinaisons techniquement possibles avec d'autres caractéristiques.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, ainsi qu'à l'examen des figures, schématiques et partielles, du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente, en coupe, un exemple classique de module photovoltaïque comportant des cellules photovoltaïques cristallines,

- la figure 2 représente, en vue éclatée, le module photovoltaïque de la figure 1,

- la figure 3 illustre, en coupe et en vue éclatée, un premier exemple de réalisation d'un module photovoltaïque conforme à l'invention,

- les figures 4A à 4C illustrent, en coupe et en vue assemblée, différentes étapes d'un premier exemple de procédé conforme à l'invention pour la réalisation d'un module photovoltaïque semblable à celui de la figure 3,

- la figure 5 illustre, en coupe et en vue éclatée, un deuxième exemple de réalisation d'un module photovoltaïque conforme à l'invention,

- la figure 6 illustre, en coupe et en vue assemblée, une étape d'un deuxième exemple de procédé conforme à l'invention pour la réalisation d'un module photovoltaïque semblable à celui de la figure 5,

- la figure 7 illustre, en coupe, une variante de réalisation de la structure alvéolaire de l'âme d'un panneau arrière d'un module photovoltaïque conforme à l'invention,

- les figures 8A, 8B et 8C illustrent, en coupe, différents exemples de réalisation d'un panneau arrière avec une âme en nid d'abeilles d'un module photovoltaïque conforme à l'invention,

- les figures 9A, 9B, 9C et 9D illustrent, en coupe, différents exemples de réalisation d'un panneau arrière avec une âme en mousse d'un module photovoltaïque conforme à l'invention,

- la figure 10 représente, en vue de dessous, la face arrière de la deuxième couche d'un exemple particulier de réalisation d'un module photovoltaïque conforme à l'invention, réalisé selon le principe du deuxième exemple de réalisation décrit en référence à la figure 5,

- la figure 11 est une vue agrandie de la zone A de la figure 10,

- la figure 12 illustre, en coupe et en vue éclatée, le module photovoltaïque des figures 10 et 11,

- la figure 13 représente, en vue de dessous, la face arrière d'une deuxième couche d'un module photovoltaïque conforme à l'invention, intégrant une boîte de jonction, et

- les figures 14A à 14D illustrent, en coupe, différentes étapes d'intégration de la boîte de jonction dans la deuxième couche de la figure 13.

Dans l'ensemble de ces figures, des références identiques peuvent désigner des éléments identiques ou analogues.

De plus, les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Les figures 1 et 2 ont déjà été décrites dans la partie relative à l'état de la technique antérieure.

Les figures 3, 4A, 4B et 4C se réfèrent à un premier mode de réalisation de l'invention, tandis que les figures 5 et 6 se réfèrent à un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Pour chacun de ces deux modes de réalisation, on considère que les cellules photovoltaïques 4, interconnectées par des rubans en cuivre étamé soudés, sont des cellules « cristallines », c'est-à-dire qui sont à base de silicium mono ou multicristallin, et qu'elles présentent une épaisseur comprise entre 1 et 300 μm .

5 De plus, l'ensemble encapsulant 3 est choisi pour être réalisé à partir de deux couches de poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA) entre lesquelles sont disposées les cellules photovoltaïques 4, chaque couche étant d'épaisseur minimale égale à 300 μm , voire 200 μm . En variante, cet ensemble encapsulant 3 peut aussi être un élastomère thermoplastique comme décrit précédemment. Le cas échéant, l'une ou les deux couches
10 formant l'ensemble encapsulant 3 peuvent être colorées.

Par ailleurs, bien que non représenté sur les figures 3 à 6, chaque module photovoltaïque 1 peut comporter une boîte de jonction, semblable à la boîte de jonction 7 représentée sur les figures 1 et 2, destinée à recevoir le câblage nécessaire à l'exploitation du module photovoltaïque 1, ou bien encore intégrée au panneau arrière 5,
15 5b comme il sera décrit par la suite en référence aux figures 13 à 14D. Cette boîte de jonction peut être réalisée en plastique ou en caoutchouc, étant complètement étanche.

Les cellules photovoltaïques 4, l'ensemble encapsulant 3 et la boîte de jonction 7 constituent ensemble les éléments dits « incompressibles » dans la constitution du module photovoltaïque 1. Ils présentent ensemble un poids surfacique
20 d'environ 1,5 kg/m^2 .

De façon avantageuse, l'invention prévoit un choix spécifique pour les matériaux formant les faces avant et arrière du module photovoltaïque 1, de sorte à obtenir un module photovoltaïque 1 léger, de poids surfacique inférieur ou égal à 7 kg/m^2 , et préférentiellement inférieur ou égal à 6 kg/m^2 , voire 5 kg/m^2 . En particulier,
25 l'invention permet la suppression de la couche de verre épais, d'environ 3 mm d'épaisseur, au niveau de la face avant et la suppression du cadre métallique du module photovoltaïque, qui ensemble permettent classiquement d'assurer la rigidité du module photovoltaïque, mais qui représentent habituellement ensemble environ 80 % du poids total d'un module photovoltaïque.

Ainsi, dans les deux modes de réalisation décrits ci-après, la première couche 2 formant la face avant du module photovoltaïque 1 est une couche en verre d'épaisseur e_2 inférieure à 1,1 mm, préalablement « durcie » grâce au procédé de trempe chimique.

Bien entendu, ces choix ne sont nullement limitatifs comme il a été décrit
5 précédemment.

Avantageusement, l'invention permet d'obtenir une nouvelle architecture de module photovoltaïque plus léger et plus fin qu'un module photovoltaïque classique et répondant aux essais de charge des normes IEC 61215 et IEC 61730. Cette architecture est obtenue par le remplacement de la face arrière traditionnelle, encore appelée
10 « backsheet » en anglais, ou par l'ajout à la face arrière traditionnelle d'un panneau arrière formé de deux plaques prenant en sandwich une âme alvéolaire, suffisamment rigide pour ce panneau assure à lui seul la tenue mécanique du module photovoltaïque.

Premier mode de réalisation

On se réfère tout d'abord à la figure 3 qui illustre, en coupe et en vue éclatée,
15 un premier exemple de réalisation d'un module photovoltaïque 1 conforme à l'invention.

Il est à noter que la figure 3 correspond à une vue éclatée du module photovoltaïque 1 avant les étapes de lamination du premier exemple de procédé selon l'invention, décrit par la suite en référence aux figures 4A à 4C. Une fois les étapes de lamination réalisées, assurant un pressage à chaud et sous vide, les différentes couches
20 sont en réalité superposées les unes aux autres.

Le module photovoltaïque 1 comporte ainsi une première couche 2 transparente en verre mince, et/ou en au moins un matériau polymère, d'épaisseur inférieure ou égale à 1,1 mm, formant la face avant du module photovoltaïque 1 et destinée à recevoir un flux lumineux, une pluralité de cellules photovoltaïques 4
25 disposées côte à côte et reliées électriquement entre elles, et un ensemble encapsulant 3 la pluralité de cellules photovoltaïques 4.

Conformément à l'invention, le module photovoltaïque 1 comporte en outre une deuxième couche 5 formant la face arrière du module photovoltaïque 1, cette deuxième couche 5 étant dans cet exemple constituée par un ensemble d'une première
30 couche arrière 5a, au contact de l'ensemble encapsulant 3, et d'une deuxième couche

arrière alvéolaire 5b de sorte que la première couche arrière 5a est disposée entre l'ensemble encapsulant 3 et la deuxième couche arrière alvéolaire 5b.

La surface interne 8i, au contact de l'ensemble encapsulant 3, de la première couche arrière 5a est sensiblement plane de sorte à pouvoir permettre l'adhérence de la première couche arrière 5a à l'ensemble encapsulant 3 lors de l'opération de lamination décrite plus loin.

De même, la surface externe 8e de la deuxième couche arrière alvéolaire 5b est sensiblement plane de sorte que le module photovoltaïque 1 présente une face extérieure arrière sensiblement plane, avec ainsi un aspect final sans relief.

En outre, conformément à l'invention, la deuxième couche arrière alvéolaire 5b prend la forme d'un panneau arrière 5b, réalisé en matériau composite. Ce panneau arrière 5b comprend une sous-couche principale 9a formant l'âme 9a du panneau arrière 5b, et deux sous-couches de recouvrement formant des plaques avant 9b et arrière 9c du panneau arrière 5b, disposées de part et d'autre de l'âme 9a de sorte que l'âme 9a soit prise en sandwich entre les deux plaques 9b, 9c. Avantageusement, l'âme 9a du panneau arrière 5b comprend une structure alvéolaire 12, ici sous la forme d'un nid d'abeilles. Toutefois, d'autres formes de structure alvéolaire sont possibles comme il apparaîtra plus loin.

Par ailleurs, afin de permettre l'adhérence entre la première couche arrière 5a et la deuxième couche arrière alvéolaire 5b formant un panneau arrière 5b alvéolaire, cet ensemble 5 formant la deuxième couche comporte encore une couche adhésive 10 entre la première couche arrière 5a et la deuxième couche arrière alvéolaire 5b. De façon privilégiée, cette couche adhésive 10 peut être une colle silicone.

La première couche arrière 5a peut être réalisée de façon semblable à la couche arrière d'un module photovoltaïque 1 classique. De façon préférentielle, la première couche arrière 5a est choisie pour être un film mono ou multicouche polymère, notamment du type Tedlar®/ polytéréphtalate d'éthylène (PET)/Tedlar®, encore appelé TPT.

L'épaisseur e_{5a} de cette première couche arrière 5a peut être comprise entre 150 et 600 μm , étant notamment de l'ordre de 400 μm .

De façon avantageuse, la première couche arrière 5a comporte une surface interne 8i, au contact de l'ensemble encapsulant 3, sensiblement plane et une surface externe, au contact de la deuxième couche arrière alvéolaire 5b, sensiblement plane.

5 Les dimensions de la deuxième couche arrière alvéolaire 5b sont avantageusement au moins égales à celles de la première couche 2 du module photovoltaïque 1.

Les figures 4A à 4C illustrent, en coupe et en vue assemblée, différentes étapes du premier exemple de procédé conforme à l'invention pour la réalisation d'un module photovoltaïque 1 semblable à celui de la figure 3.

10 La figure 4A illustre de façon isolée la deuxième couche arrière alvéolaire 5b formant le panneau arrière 5b, la couche adhésive 10 ayant été appliquée sur la plaque avant 9b du panneau arrière 5b.

La figure 4B illustre un laminé photovoltaïque, obtenu après lamination à chaud à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée du cycle de lamination d'au moins 10 minutes, comprenant la première couche 2, l'ensemble encapsulant 3 et les cellules photovoltaïques 4, et la première couche arrière 5a.

La figure 4C illustre l'étape d'assemblage du laminé photovoltaïque de la figure 4B par collage de la deuxième couche arrière alvéolaire 5b sur la première couche arrière 5a par le biais de la couche adhésive 10.

20 Autrement dit, selon cette réalisation, on procède à un collage à froid entre le laminé illustré sur la figure 4B et le panneau arrière 5b illustré sur la figure 4A.

En effet, dans le cas où les matériaux constitutifs du panneau arrière 5b ont des températures de transition vitreuse ou de fusion trop faibles, soit typiquement inférieures à 120°C, il n'est pas envisageable de pouvoir laminier le panneau arrière 5b avec les autres couches constitutives 2, 3, 4 du module photovoltaïque 1, sous peine de voir l'âme 9 alvéolaire du panneau arrière 5b être écrasée ou déformée lors du pressage à chaud. C'est pourquoi, dans ce cas, la réalisation est effectuée par collage à froid d'un laminé photovoltaïque sur le panneau arrière 5b.

Le panneau arrière 5b présente un poids surfacique inférieur ou égal à 3 kg/m². L'épaisseur de l'âme 9a est inférieure ou égale à 40 mm, et l'épaisseur des plaques 9b, 9c est inférieure à 1 mm.

Deuxième mode de réalisation

5 On se réfère maintenant à la figure 5 qui illustre, en coupe et en vue éclatée, un deuxième exemple de réalisation d'un module photovoltaïque 1 conforme à l'invention.

Il est à noter également que la figure 5 correspond à une vue éclatée du module photovoltaïque 1 avant l'étape de lamination du deuxième exemple de procédé
10 selon l'invention, décrit par la suite en référence à la figure 6. Une fois l'étape de lamination réalisée, assurant un pressage à chaud et sous vide, les différentes couches sont en réalité superposées les unes aux autres.

Le module photovoltaïque 1 comporte ainsi une première couche 2 transparente en verre mince, et/ou en au moins un matériau polymère, d'épaisseur
15 inférieure à 1,1 mm, formant la face avant du module photovoltaïque 1 et destinée à recevoir un flux lumineux, une pluralité de cellules photovoltaïques 4 disposées côte à côte et reliées électriquement entre elles, et un ensemble encapsulant 3 la pluralité de cellules photovoltaïques 4.

Conformément à l'invention, le module photovoltaïque 1 comporte en outre
20 une deuxième couche 5 formant la face arrière du module photovoltaïque 1, cette deuxième couche 5 étant dans cet exemple constituée par une unique couche arrière alvéolaire 5, au contact de l'ensemble encapsulant 3, formant le panneau arrière 5.

La surface interne 8i de cette couche arrière alvéolaire 5 est sensiblement plane afin de permettre son adhérence à l'ensemble encapsulant 3 lors de l'opération de
25 lamination, de même que la surface externe 8e de la couche arrière alvéolaire 5 de sorte que le module photovoltaïque 1 présente une face extérieure arrière sensiblement plane, avec ainsi un aspect final sans relief.

En outre, cette couche arrière alvéolaire 5b sous la forme d'un panneau arrière 5b est réalisée en matériau composite. Ce panneau arrière 5b comprend une sous-
30 couche principale 9a formant l'âme 9a du panneau arrière 5b, et deux sous-couches de

recouvrement formant des plaques avant 9b et arrière 9c du panneau arrière 5b, disposées de part et d'autre de l'âme 9a de sorte que l'âme 9a soit prise en sandwich entre les deux plaques 9b, 9c. Avantageusement, l'âme 9a du panneau arrière 5b comprend une structure alvéolaire 12, ici également sous la forme d'un nid d'abeilles.

5 Toutefois, d'autres formes de structure alvéolaire sont possibles comme il apparaîtra plus loin.

La figure 6 illustre, en coupe, le module photovoltaïque 1 obtenue lors de l'étape de lamination à chaud du deuxième exemple de procédé conforme à l'invention.

10 Au cours de cette étape de lamination, l'ensemble des couches du module 1, à savoir la première couche 2, l'ensemble encapsulant 3, les cellules photovoltaïques 4 et la couche arrière alvéolaire 5 formant le panneau arrière 5 sont laminées ensemble à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée du cycle de lamination d'au moins 10 minutes.

15 Pendant cette unique étape de lamination, la pression de lamination est comprise entre 800 mbar et la pression atmosphérique pour un lamineur à membrane, ou inférieure ou égale à 3000 mbar pour un lamineur à plateaux.

Le panneau arrière 5b présente un poids surfacique inférieur ou égal à 3 kg/m². L'épaisseur de l'âme 9a est inférieure ou égale à 40 mm, et l'épaisseur des plaques 9b, 9c est inférieure à 1 mm.

20 En référence maintenant aux figures 7 à 9D, on va maintenant décrire des variantes de réalisation du panneau arrière 5, 5b, formé de l'âme alvéolaire 9a prise en sandwich entre les plaques 9b et 9c, ces variantes étant applicables à tout type de module photovoltaïque 1 selon l'invention, et notamment du type de la figure 3 selon le premier mode de réalisation de l'invention et du type de la figure 5 selon le deuxième

25 mode de réalisation de l'invention.

Ainsi, comme décrit précédemment en référence aux exemples de réalisation des figures 3 et 5, la structure alvéolaire 12 de l'âme 9a du panneau arrière 5, 5b peut présenter la forme d'un nid d'abeilles. Elle peut notamment être réalisée en métal, notamment en aluminium, en polyimide, en polycarbonate (PC), en polypropylène (PP) ou

en fibres synthétiques hautes performances, étant par exemple de type Nomex® commercialisé par la société Du Pont de Nemours.

En variante, comme illustré par la figure 7, la structure alvéolaire 12 de l'âme 9a du panneau arrière 5, 5b peut comporter une mousse, par exemple une mousse polymère, notamment en polyuréthane (PU) ou en polytéréphtalate d'éthylène (PET), ou encore une mousse métallique, par exemple en aluminium.

Par ailleurs, les plaques avant 9b et arrière 9c du panneau arrière 5, 5b peuvent être réalisées en matériau composite, notamment à partir de matériaux composites fibrés (verre, carbone, lin, ...), et par exemple de type prépreg fibre de verre/époxy, en métal, par exemple en aluminium, en polycarbonate (PC), en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ou à partir de pré-imprégnés.

Lorsque les plaques avant 9b et arrière 9c du panneau arrière 5, 5b sont conductrices de l'électricité, étant notamment métalliques, et par exemple en aluminium, notamment dans le cas de la plaque avant 9b pouvant être en contact avec l'ensemble encapsulant 3 dans le cas du deuxième mode de réalisation de l'invention, les plaques 9a et 9b peuvent être recouvertes d'un film isolant mono ou multicouche polymère, par exemple du type Tedlar®, permettant de conférer l'isolation électrique nécessaire pour répondre aux normes.

Par ailleurs, les figures 8A à 9D illustrent les possibilités de prévoir des renforcements locaux du panneau arrière 5, 5b au niveau de ses bords longitudinaux et/ou au niveau des zones de fixation 13, destinées à permettre la fixation du module photovoltaïque 1 à des traverses supports, comme il est représenté sur la figure 10 décrite par la suite.

Les figures 8A, 8B et 8C sont spécifiques au cas d'une structure alvéolaire 12 de l'âme 9a du panneau arrière 5, 5b comprenant une structure en nid d'abeilles, et les figures 9A, 9B, 9C et 9D sont spécifiques au cas d'une structure alvéolaire 12 de l'âme 9a du panneau arrière 5, 5b comprenant une structure en mousse.

Sur la figure 8A, le panneau arrière 5, 5b est dépourvu de tout moyen de renforcement.

En revanche, sur la figure 8B, le panneau arrière 5, 5b comporte des moyens de renforcement 15 de son bord longitudinal 5₁, 5b₁, prévus pour renforcer la résistance du panneau arrière 5, 5b lors de l'étape de lamination à chaud. Ces moyens de renforcement 15 comportent par exemple un matériau polymère, par exemple de l'époxy.

Sur la figure 8C, le panneau arrière 5, 5b comporte des moyens de renforcement 14 des zones de fixation 13 permettant la fixation du module 1 aux traverses supports pour former le panneau de modules photovoltaïques. Ces moyens de renforcement 14 comportent par exemple un matériau composite, par exemple un mélange de type époxy/billes de verre creuses.

Par ailleurs, sur la figure 9A, le panneau arrière 5, 5b, pourvu d'une âme 9a en mousse, est dépourvu de tout moyen de renforcement.

En revanche, sur la figure 9C, le panneau arrière 5, 5b comporte des moyens de renforcement 15 de son bord longitudinal 5₁, 5b₁ prévus pour renforcer la résistance du panneau arrière 5, 5b lors de l'étape de lamination à chaud. Ces moyens de renforcement 15 comportent par exemple un matériau polymère, par exemple de l'époxy. Pour intégrer ces moyens de renforcement 15 au panneau arrière 5, 5b, un évidement EV est préalablement réalisé dans la mousse 12, comme illustré sur la figure 9B.

Enfin, sur la figure 9D, le panneau arrière 5, 5b comporte des moyens de renforcement 14 des zones de fixation 13 permettant la fixation du module 1 aux traverses supports pour former le panneau de modules photovoltaïques. Ces moyens de renforcement 14 comportent par exemple un matériau composite, par exemple un mélange de type époxy/billes de verre creuses. Ces moyens de renforcement 14 peuvent être intégrés au panneau arrière 5, 5b après la formation d'un évidement, comme expliqué précédemment à l'aide de la figure 9B.

Exemple de réalisation particulier

On va maintenant décrire un exemple de réalisation particulier d'un module photovoltaïque 1 conforme à l'invention, réalisé selon le principe du deuxième mode de réalisation de l'invention, tel que décrit précédemment en référence à la figure 5.

Ainsi, la figure 10 représente, en vue de dessous, la face arrière de la deuxième couche 5 de cet exemple particulier de module photovoltaïque 1 conforme à l'invention, la figure 11 est une vue agrandie de la zone A de la figure 10, et la figure 12 illustre, en coupe et en vue éclatée, ce module photovoltaïque 1.

5 Comme on peut le voir sur la figure 12, le module photovoltaïque 1 comporte une face avant 2 constituée d'un revêtement de type ECTFE (acronyme de « Ethylène Chloro TriFluoro Ethylene ») avec une épaisseur d'environ 50 μm , un ensemble encapsulant 3 une pluralité de cellules photovoltaïques 4 et une deuxième couche 5 formant le panneau arrière 5.

10 L'ensemble encapsulant 3 est plus précisément obtenu à partir d'une première couche d'encapsulant 3a à base de polymère, elle-même comprenant deux sous-couches polymère, et d'une deuxième couche d'encapsulant 3b à base de polymère, elle-même comprenant une première sous-couche 3b1 en polymère et une deuxième sous-couche 3b2 en polymère blanc.

15 Pour réaliser ce module 1, une seule étape de lamination à chaud est réalisée sans utilisation de cale.

Le panneau arrière 5 comporte une âme 9a pourvue d'une structure 12 en nid d'abeilles réalisée en Nomex®, et présentant une épaisseur e9a d'environ 15 mm. Cette âme 9a est prise en sandwich entre deux plaques avant 9b et arrière 9c, réalisées en préimprégnés époxy/fibres de verre, avec des épaisseurs e9b et e9c d'environ 200 μm .

20 Comme l'illustrent les figures 10 et 11, le panneau arrière 5 comporte une pluralité de zones de fixation 13, destinées à permettre la fixation du module photovoltaïque 1 à des traverses supports pour former un panneau de modules photovoltaïques 1, et configurés pour autoriser un écartement desdites traverses supports, par exemple compris entre 735 et 1045 mm. Ces zones de fixation 13 ont été renforcées avec des moyens de renforcement 14 comprenant un mélange d'époxy/billes de verre creuses d'une densité d'environ 0,6. De plus, les bords longitudinaux 5₁ et 5₂ du panneau arrière 5 ont également été renforcés par des moyens de renforcement 15 comprenant de l'époxy.

Par ailleurs, dans cet exemple de réalisation de module photovoltaïque 1 conforme à l'invention, comportant préférentiellement soixante cellules photovoltaïques en silicium cristallin de dimension 156 mm x 156 mm, la longueur L_p du panneau arrière 5 est d'environ 1685 mm et la largeur l_p du panneau arrière 5 est d'environ 1025 mm. De plus, la distance D_f entre un bord transversal 5₃ ou 5₄ du panneau arrière 5 et une zone de fixation 13 adjacente est de l'ordre de 300 mm, tandis que la longueur L_f d'une zone de fixation 13 est de l'ordre de 200 mm et que la largeur l_f d'une zone de fixation 13 est de l'ordre de 30 mm. Selon un autre exemple de réalisation de l'invention, les faces avant et arrières du panneau peuvent avoir les mêmes dimensions, ou bien la face arrière du panneau peut avoir une longueur et une largeur jusqu'à 6 mm plus élevée que celles de la face avant.

Un tel module photovoltaïque 1 présente alors un poids surfacique d'environ 5,2 kg/m², avec la présence d'une boîte de jonction 7 (non représentée).

Après un essai de charge mécanique poussé à 7000 Pa, contre 5400 Pa pour l'essai le plus sévère de tenue à la neige demandé par la norme IEC 61215, aucune fissure n'a été détectée sur le module photovoltaïque 1.

On va maintenant décrire en référence aux figures 13 à 14D la possibilité d'intégrer une boîte de jonction 7 dans l'épaisseur du panneau arrière 5.

Plus précisément, la figure 13 représente, en vue de dessous, la face arrière d'une deuxième couche 5 d'un module photovoltaïque 1 conforme à l'invention, intégrant une boîte de jonction 7, et les figures 14A à 14D illustrent, en coupe, différentes étapes d'intégration de la boîte de jonction 7 dans la deuxième couche 5 de la figure 13.

Sur la figure 13, on voit que la boîte de jonction 7 est intégrée, entièrement ou partiellement, dans l'épaisseur du panneau arrière 5, plus précisément dans l'épaisseur de la structure alvéolaire 12 de l'âme 9a du panneau arrière 5. Cette boîte de jonction 7 va permettre l'interconnexion des modules photovoltaïques 1 et permet également d'intégrer les diodes de bypass 18.

Pour obtenir cette intégration, le procédé de réalisation du module photovoltaïque 1 peut comporter les étapes successives suivantes consistant à :

a) partant du panneau arrière 5 illustré sur la figure 14A, réaliser un usinage d'une portion de la plaque arrière 9c formant la face extérieure arrière du module photovoltaïque 1 et de la structure alvéolaire 12 pour former une cavité d'insertion Cb de la boîte de jonction 7,

5 b) puis positionner le fond 16 de la boîte de jonction 7 dans la cavité d'insertion Cb, comme illustré sur la figure 14B,

c) alors, comme illustré sur la figure 14C, il est possible de mettre en place le câblage 17 relié à la boîte de jonction 7 au travers de la plaque avant 9b,

10 d) enfin, comme illustré sur la figure 14D, on procède à la mise en place de diodes de bypass 18 dans la boîte de jonction 7 et à la fermeture de la boîte de jonction 7 de sorte que sa surface extérieure épouse sensiblement la surface extérieure de la plaque arrière 9c pour assurer une continuité de surface sensiblement plane.

De façon avantageuse, par l'utilisation d'une face avant en verre d'épaisseur inférieure ou égale à 1,1 mm, ou en polymère, le module photovoltaïque 1 peut avoir un
15 poids surfacique inférieur ou égal à 7 kg/m², par exemple dans le cas d'une première couche avant 2 en verre, préférentiellement inférieur ou égal à 6 kg/m², voire 5 kg/m², par exemple dans le cas d'une première couche avant 2 comprenant un film constitué d'un revêtement de type ECTFE, soit au moins presque deux fois inférieur à celui d'un module photovoltaïque classique.

20 Ce gain de poids significatif peut permettre au module photovoltaïque 1 conforme à l'invention d'être installé sur des applications où un module standard d'environ 12 kg/m² ne pourrait pas être appliqué.

En outre, par l'utilisation de matériaux composites pour réaliser la deuxième couche 5, plus précisément la deuxième couche arrière 5b et la couche arrière
25 tridimensionnelle 5, le module photovoltaïque 1 selon l'invention conserve ses propriétés mécaniques pour résister aux contraintes des normes IEC 61215 et IEC 61730.

De plus, le module obtenu est compatible avec une ligne industrielle de fabrication de modules photovoltaïques standards.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits. Diverses modifications peuvent y être apportées par l'homme du métier.

REVENDICATIONS

1. Module photovoltaïque (1) comportant :

- une première couche (2) transparente formant la face avant du module photovoltaïque (1), destinée à recevoir un flux lumineux,

- une pluralité de cellules photovoltaïques (4) disposées côte à côte et reliées électriquement entre elles,

- un ensemble encapsulant (3) la pluralité de cellules photovoltaïques (4),

- une deuxième couche (5) formant la face arrière du module photovoltaïque (1), la deuxième couche (5) comportant une surface interne (8i), au contact de l'ensemble encapsulant (3), et une surface externe (8e), opposée à la surface interne (8i), l'ensemble encapsulant (3) et la pluralité de cellules photovoltaïques (4) étant situés entre les première (2) et deuxième (5) couches,

caractérisé en ce que la première couche (2) est réalisée en verre et/ou en au moins un matériau polymère et présente une épaisseur (e2) inférieure ou égale à 1,1 mm, en ce que les surfaces interne (8i) et externe (8e) de la deuxième couche (5) sont sensiblement planes,

et en ce que la deuxième couche (5) comporte en outre une couche arrière formant un panneau arrière (5, 5b) en matériau composite, comprenant une sous-couche principale, formant l'âme (9a) du panneau arrière (5, 5b), et deux sous-couches de recouvrement, formant chacune une plaque (9b, 9c) du panneau arrière (5, 5b), disposées de part et d'autre de l'âme (9a) de sorte que l'âme (9a) soit prise en sandwich entre les deux plaques (9b, 9c), l'âme (9a) du panneau arrière (5, 5b) comportant une structure alvéolaire (12), le panneau arrière (5, 5b) présentant un poids surfacique inférieur ou égal à 3 kg/m².

2. Module selon la revendication 1, caractérisé en ce que le panneau arrière (5, 5b), notamment la structure alvéolaire (12), est dépourvu de relief formant saillie relativement à sa surface.

3. Module selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la première couche (2) est réalisée en verre.

5 4. Module selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la première couche (2) est réalisée en au moins un matériau polymère, notamment choisi parmi : le polycarbonate (PC), le polyméthacrylate de méthyle (PMMA), notamment du PMMA monophasé (non choc) ou du PMMA multi-phasé (choc), par exemple du PMMA choc nanostructuré, le polytéréphtalate d'éthylène (PET), le polyamide (PA), un polymère
10 fluoré, notamment le polyfluorure de vinyle (PVF) ou le polyfluorure de vinylidène (PVDF), l'éthylène tétrafluoroéthylène (ETFE), l'éthylène chlorotrifluoroéthylène (ECTFE), le polytétrafluoroéthylène (PTFE), et/ou le Polychlorotrifluoroéthylène (PCTFE).

15 5. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la deuxième couche (5) est constituée par un ensemble (5) d'au moins une première couche arrière (5a), au contact de l'ensemble encapsulant (3), et une deuxième couche arrière alvéolaire (5b) de sorte que la première couche arrière (5a) est disposée entre l'ensemble encapsulant (3) et la deuxième couche arrière (5b), la surface
20 interne de la deuxième couche (5) étant formée par la surface interne (8i), au contact de l'ensemble encapsulant (3), de la première couche arrière (5a) et la surface externe de la deuxième couche (5) étant formée par la surface externe (8e) de la deuxième couche arrière (5b), laquelle forme le panneau arrière (5b) comprenant l'âme (9a) pourvue de la structure alvéolaire (12).

25 6. Module selon la revendication 5, caractérisé en ce que la deuxième couche (5) comporte en outre une couche adhésive (10) entre la première couche arrière (5a) et la deuxième couche arrière alvéolaire (5b), pour permettre l'assemblage de la deuxième couche arrière alvéolaire (5b) à la première couche arrière (5a).

7. Module selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que la première couche arrière (5a) est un film mono ou multicouche polymère.

5 8. Module selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la première couche arrière (5a) présente une épaisseur (e5a) comprise entre 150 et 600 μm , notamment de l'ordre de 400 μm .

10 9. Module selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la deuxième couche (5) est constituée par une unique couche arrière alvéolaire (5), au contact de l'ensemble encapsulant (3), formant le panneau arrière (5) comprenant l'âme (9a) pourvue de la structure alvéolaire (12).

15 10. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'âme (9a) du panneau arrière (5, 5b) comporte une structure alvéolaire sous forme de nid d'abeilles, notamment réalisée en métal, par exemple en aluminium, en polyimide, en polycarbonate (PC), en polypropylène (PP) ou en fibres synthétiques hautes performances.

20 11. Module selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'âme (9a) du panneau arrière (5, 5b) comporte une structure alvéolaire sous forme de mousse, notamment réalisée en polytéréphtalate d'éthylène (PET) ou en polyuréthane (PU).

25 12. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les plaques (9b, 9c) du panneau arrière (5, 5b) sont réalisées en matériau composite, par exemple de type préimprégné à base de fibres de verre et de résine époxy, en métal, par exemple en aluminium, en polycarbonate (PC) ou en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ou à partir de pré-imprégnés.

13. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les plaques (9b, 9c) du panneau arrière (5, 5b) sont recouvertes d'un film mono ou multicouche polymère.

5 14. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il présente un poids surfacique inférieur ou égal à 7 kg/m², notamment inférieur ou égal à 6 kg/m², notamment encore inférieur ou égal à 5 kg/m².

10 15. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le panneau arrière (5, 5b) présente un poids surfacique inférieur ou égal à 2 kg/m², notamment inférieur ou égal à 1 kg/m².

15 16. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la deuxième couche (5) comporte une pluralité de zones de fixation (13), destinées à permettre la fixation du module photovoltaïque (1) à des traverses supports pour former un panneau de modules photovoltaïques. .

20 17. Module selon la revendication 16, caractérisé en ce que les zones de fixation (13) sont configurées pour autoriser un écartement desdites traverses supports, notamment compris entre 735 et 1045 mm.

25 18. Module selon la revendication 16 ou 17, caractérisé en ce que la deuxième couche (5) comporte des moyens de renforcement (14) d'au moins une zone de fixation (13), comportant notamment un matériau composite, par exemple un mélange de type époxy/billes de verre, du bois, un polymère thermodurcissable, du métal, par exemple de l'aluminium.

30 19. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la deuxième couche (5) comporte des moyens de renforcement (15) d'au moins un de ses bords longitudinaux (5₁, 5₂), prévus pour renforcer la résistance de

la deuxième couche (5) lors d'une étape de lamination à chaud, comportant notamment un matériau polymère, par exemple de l'époxy, du bois ou du métal, par exemple de l'aluminium.

5 20. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ensemble encapsulant (3) est réalisé à partir d'au moins un matériau polymère choisi parmi : les copolymères d'acides, les ionomères, le poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA), les acétals de vinyle, tels que les polyvinylbutyrals (PVB), les polyuréthanes, les chlorures de polyvinyle, les polyéthylènes, tels que les
10 polyéthylènes linéaires basse densité, les polyoléfines élastomères de copolymères, les copolymères d' α -oléfines et des α -, β - esters d'acide carboxylique à éthylénique, tels que les copolymères éthylène-acrylate de méthyle et les copolymères éthylène-acrylate de butyle, les élastomères de silicone et/ou les résines époxy.

15 21. Module selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'ensemble encapsulant (3) est réalisé à partir de deux couches de poly(éthylène-acétate de vinyle) (EVA) entre lesquelles sont disposées les cellules photovoltaïques (4).

20 22. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les cellules photovoltaïques (4) sont choisies parmi : des cellules photovoltaïques homojonction ou hétérojonction à base de silicium monocristallin (c-Si) et/ou multi-cristallin (mc-Si), et/ou des cellules photovoltaïques comprenant au moins un matériau parmi le silicium amorphe (a-Si), le silicium microcristallin (μ C-Si), le tellure de cadmium (CdTe), le cuivre-indium séléniure (CIS) et le cuivre-indium/gallium diséléniure
25 (CIGS).

23. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les cellules photovoltaïques (4) présentent une épaisseur comprise entre 1 et 300 μ m.

24. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une boîte de jonction (7), destinée à recevoir le câblage nécessaire à l'exploitation du module photovoltaïque (1).

5 25. Module selon la revendication 24, caractérisé en ce que la boîte de jonction (7) est intégrée dans l'épaisseur du panneau arrière (5, 5b), notamment dans l'épaisseur de l'âme (9a) du panneau arrière (5, 5b).

10 26. Module selon la revendication 25, caractérisé en ce qu'au moins une partie du câblage (17) relié à la boîte de jonction (7) traverse la plaque (9b) du panneau arrière (5, 5b) opposée à la plaque (9c) du panneau arrière (5, 5b) formant la face extérieure arrière du module photovoltaïque (1).

15 27. Module selon l'une des revendications 24 à 26, caractérisé en ce que la boîte de jonction (7) comporte les diodes (18) de bypass.

20 28. Procédé de réalisation d'un module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape de lamination à chaud, à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée du cycle de lamination d'au moins 10 minutes, d'au moins une partie des couches constitutives (2, 3, 4, 5 ; 2, 3, 4, 5a) du module photovoltaïque (1).

25 29. Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre pour la réalisation d'un module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 5 à 27, hormis la revendication 9, et en ce qu'il comporte les deux étapes successives suivantes :

30 a) lamination à chaud, à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée du cycle de lamination d'au moins 10 minutes, de l'ensemble formé par la première couche (2), l'ensemble encapsulant (3), les cellules photovoltaïques (4) et la première couche arrière (5a) pour l'obtention d'un laminé photovoltaïque,

b) assemblage de la deuxième couche arrière (5b) sur ledit laminé photovoltaïque, notamment sur la première couche arrière (5a), par le biais d'une couche adhésive (10).

5 30. Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre pour la réalisation d'un module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 9 à 27, et en ce qu'il comporte l'unique étape de lamination à chaud, à une température supérieure ou égale à 120°C et pendant une durée de cycle de lamination d'au moins 10 minutes, de l'ensemble formé par la première couche (2),
10 l'ensemble encapsulant (3), les cellules photovoltaïques (4) et la deuxième couche (5).

31. Procédé selon l'une des revendications 28 à 30, caractérisé en ce que la deuxième couche (5) comporte une pluralité de zones de fixation (13), destinées à permettre la fixation du module photovoltaïque (1) à des traverses supports pour former
15 un panneau de modules photovoltaïques, et en ce que le procédé comporte l'étape de renforcement local d'au moins une zone de fixation (13) par le biais de moyens de renforcement (14), comportant notamment un matériau composite, par exemple un mélange de type époxy/billes de verre, du bois, un polymère thermodurcissable, du métal, par exemple de l'aluminium.

20

32. Procédé selon l'une quelconque des revendications 28 à 31, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape de renforcement local d'au moins un des bords longitudinaux (5₁, 5₂) de la deuxième couche (5) par le biais de moyens de renforcement (15), prévus pour renforcer la résistance de la deuxième couche (5) lors de l'étape de
25 lamination à chaud, comportant notamment un matériau polymère, par exemple de l'époxy, du bois ou du métal, par exemple de l'aluminium.

33. Procédé selon l'une quelconque des revendications 28 à 32, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape d'intégration d'une boîte de jonction (7), destinée
30 à recevoir le câblage nécessaire à l'exploitation du module photovoltaïque (1), dans

l'épaisseur du panneau arrière (5, 5b), notamment dans l'épaisseur de l'âme (9a) du panneau arrière (5, 5b).

34. Procédé selon la revendication 33, caractérisé en ce que l'étape d'intégration de la boîte de jonction (7) dans l'épaisseur du panneau arrière (5, 5b) comporte les étapes successives suivantes :

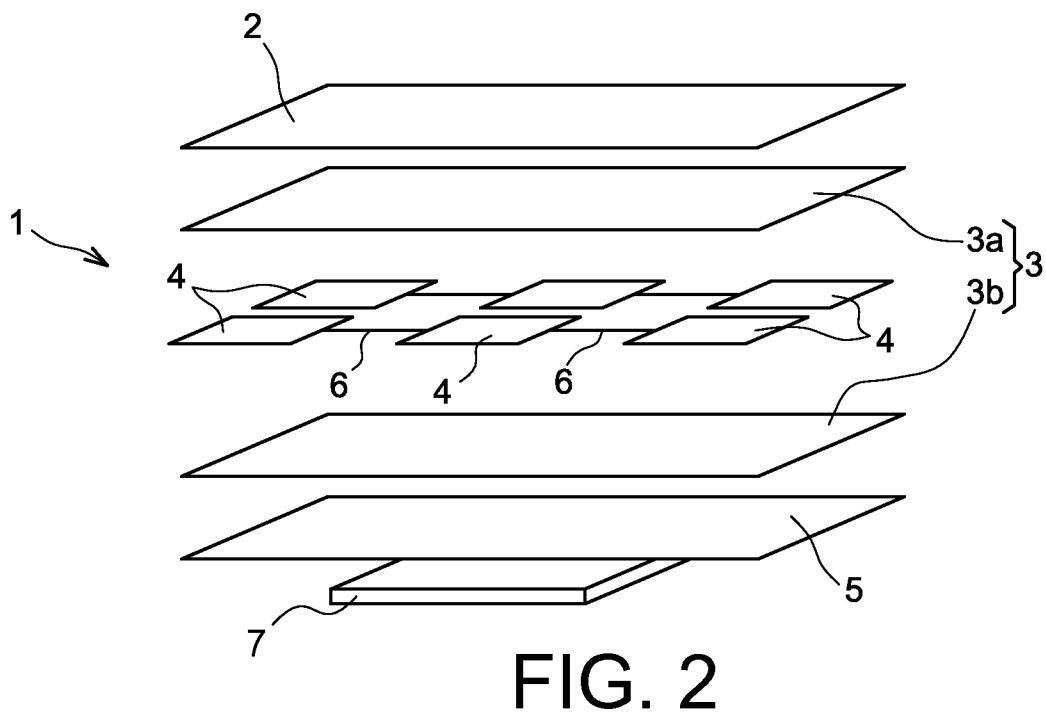
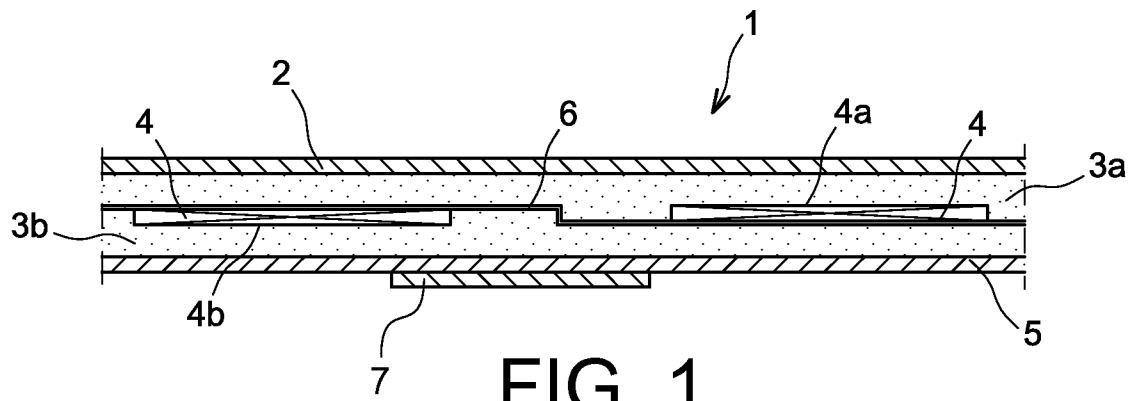
a) usinage d'une portion de la plaque (9c) formant la face extérieure arrière du module photovoltaïque (1) et de la structure alvéolaire (12) pour former une cavité d'insertion (Cb) de la boîte de jonction (7),

b) positionnement du fond (16) de la boîte de jonction (7) dans ladite cavité d'insertion (Cb),

c) mise en place d'au moins une partie du câblage (17) relié à la boîte de jonction (7) au travers de la plaque (9b) opposée à la plaque (9c) formant la face extérieure arrière du module photovoltaïque (1),

d) mise en place de diodes de bypass (18) dans la boîte de jonction (7) et fermeture de la boîte de jonction (7).

1 / 8



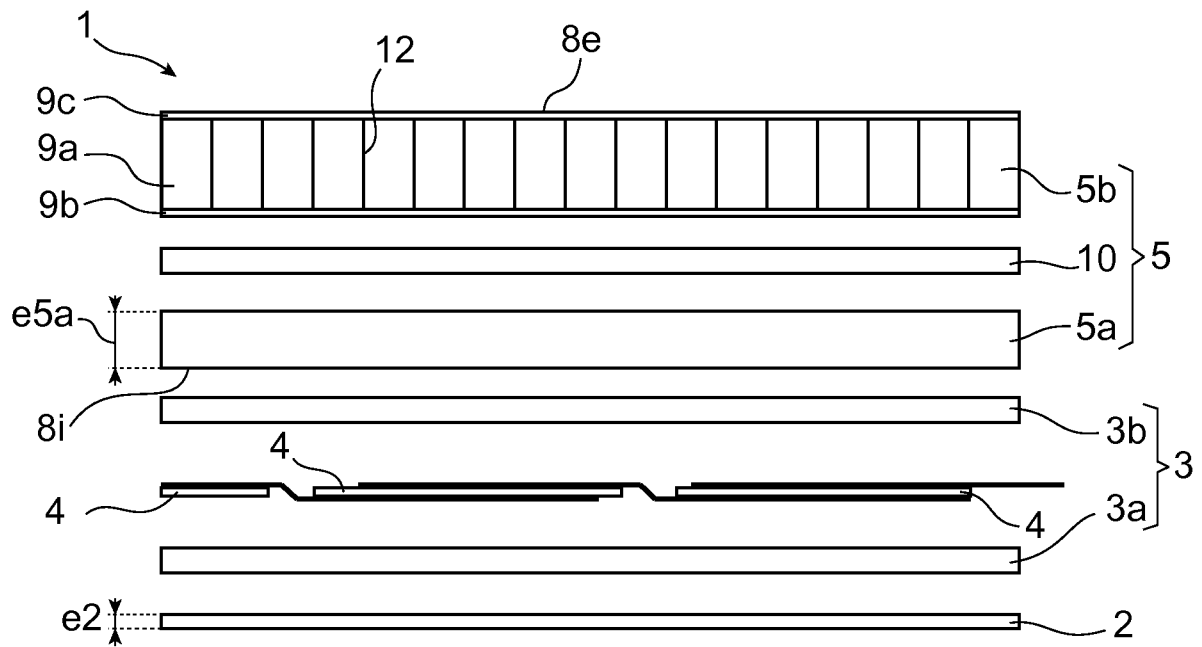


FIG. 3

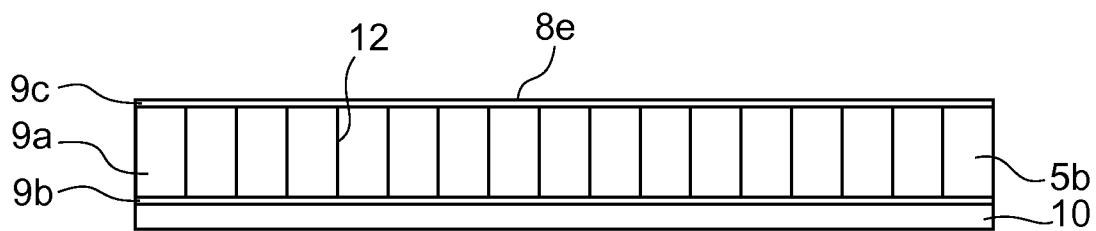


FIG. 4A

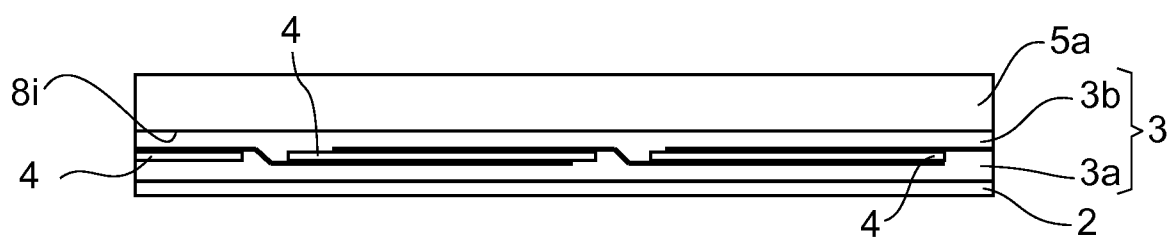


FIG. 4B

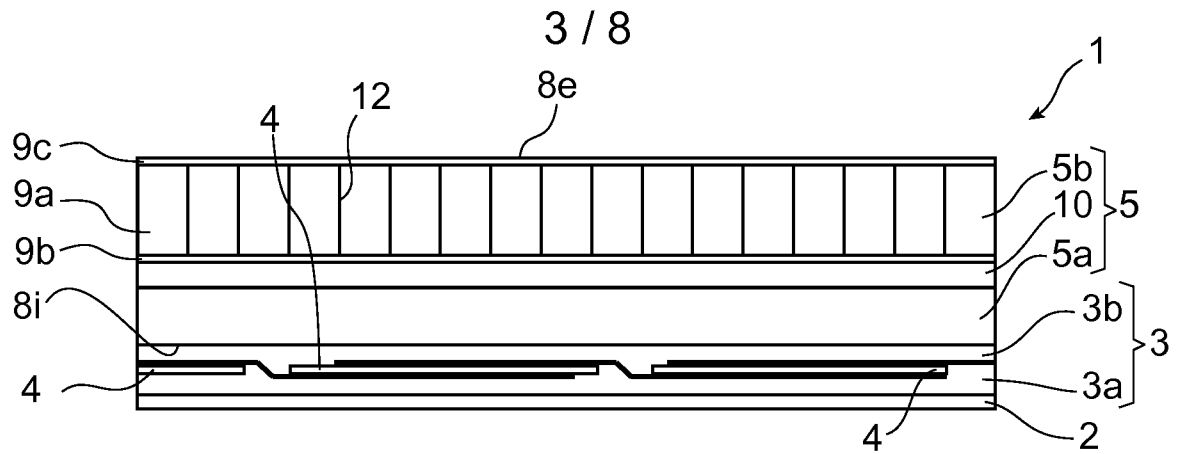


FIG. 4C

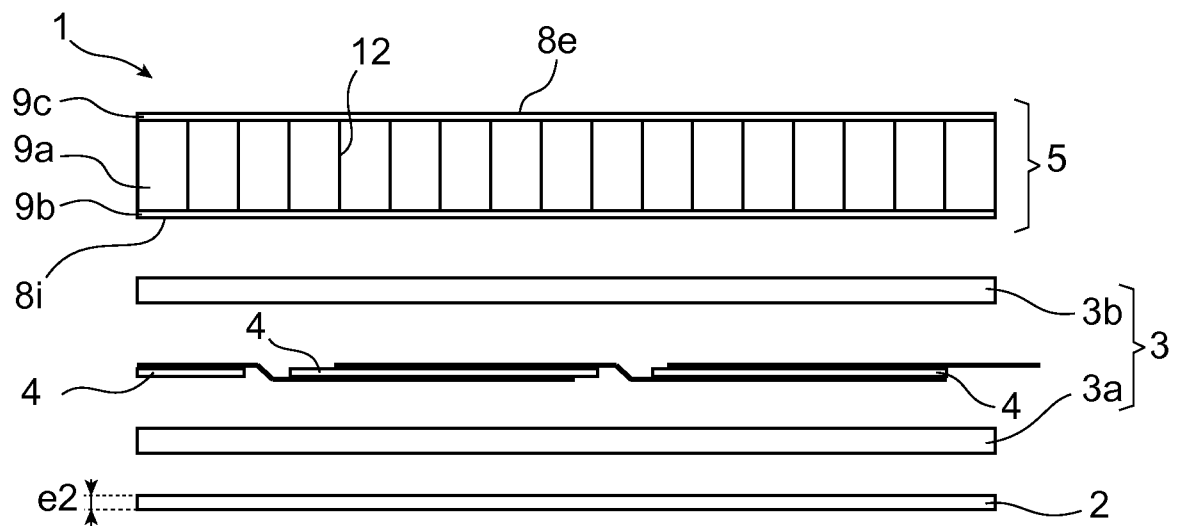


FIG. 5

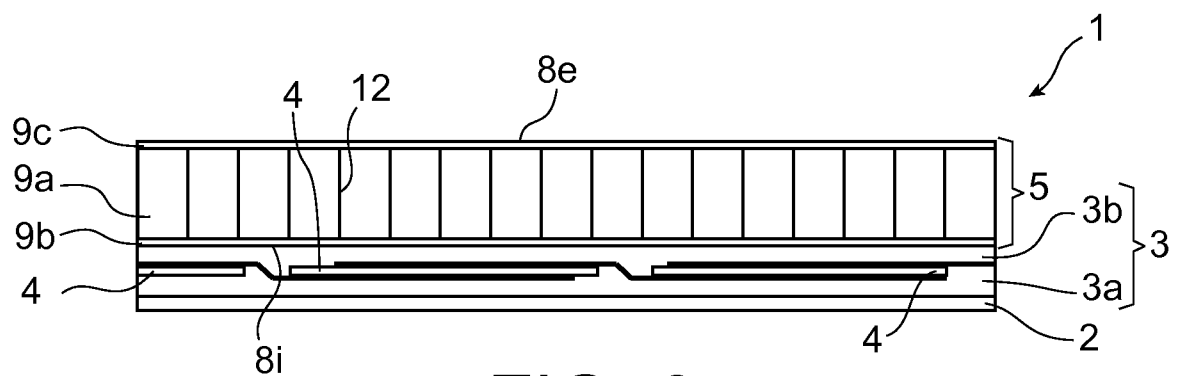


FIG. 6

4 / 8

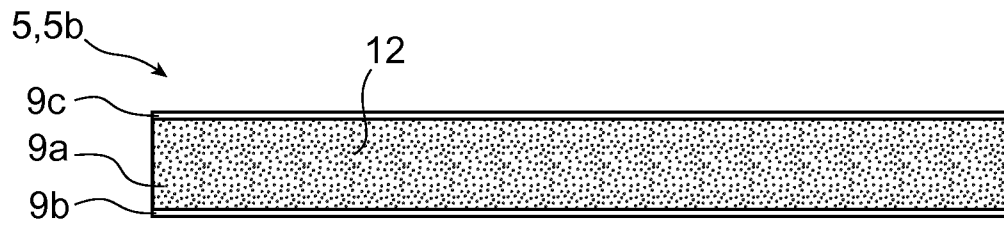


FIG. 7

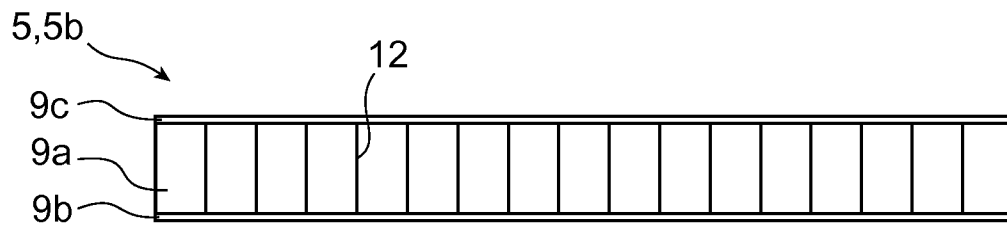


FIG. 8A

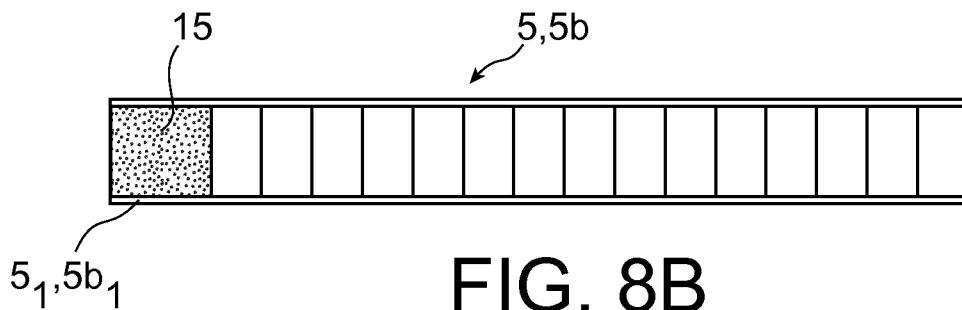


FIG. 8B

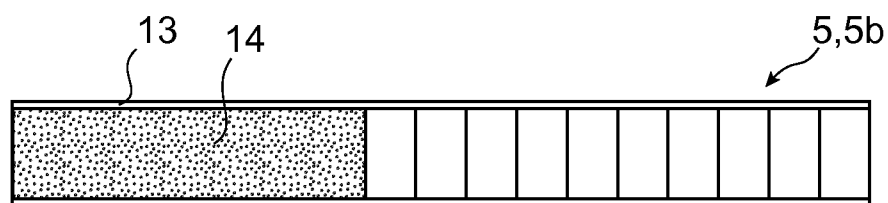


FIG. 8C

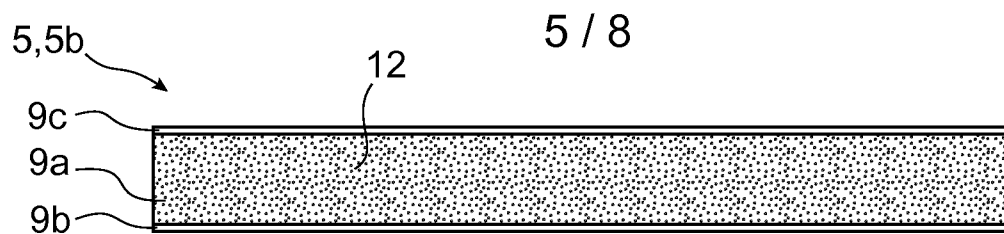


FIG. 9A

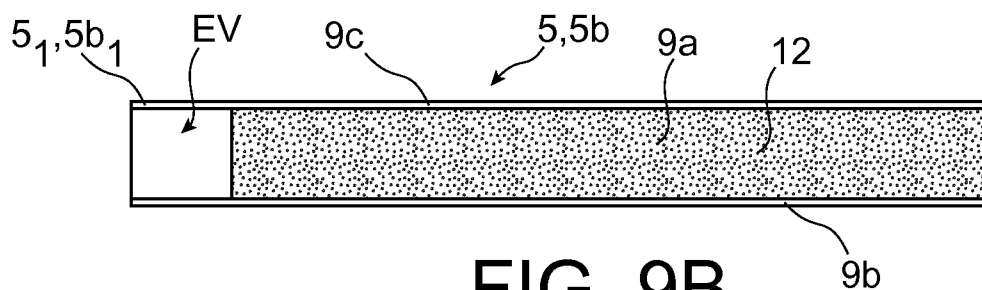


FIG. 9B

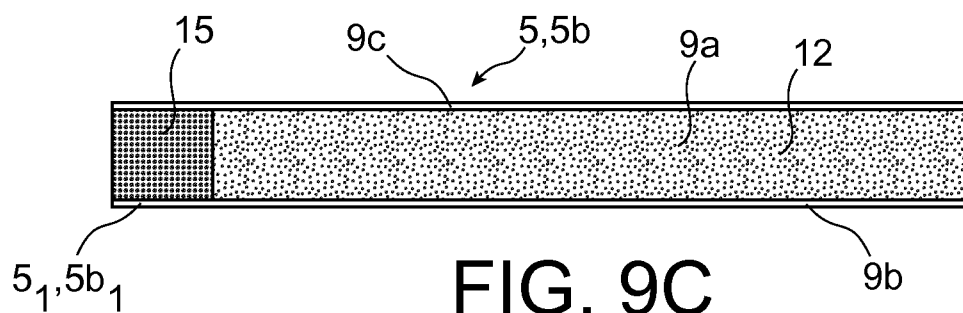


FIG. 9C

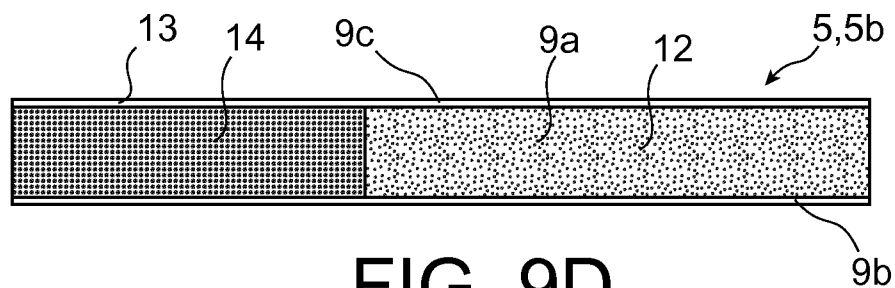


FIG. 9D

6 / 8

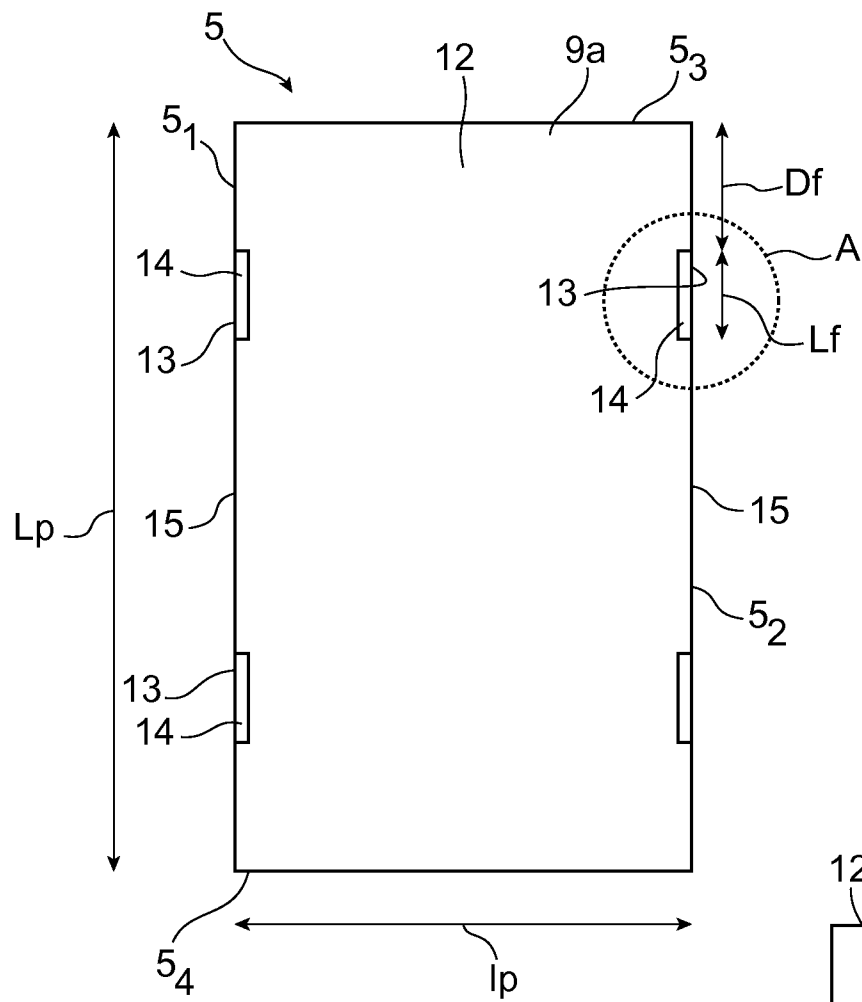
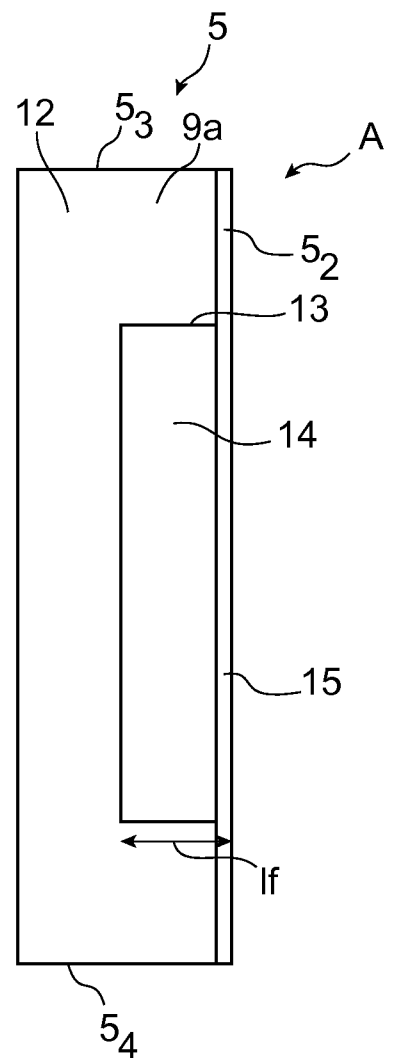


FIG. 10

FIG. 11



7 / 8

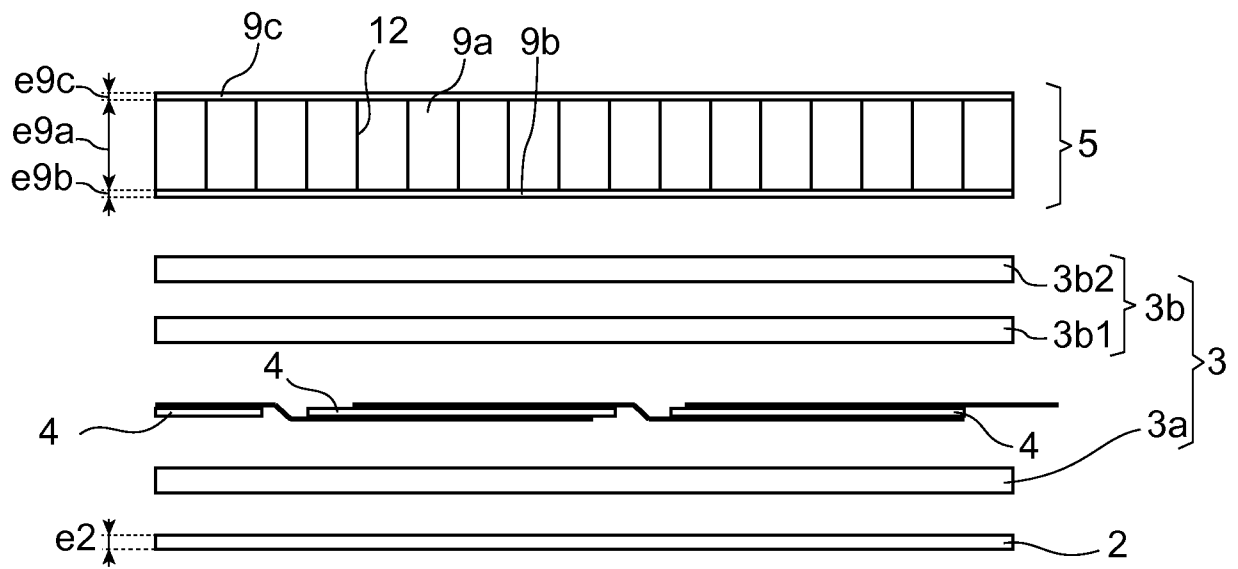


FIG. 12



FIG. 13

8 / 8

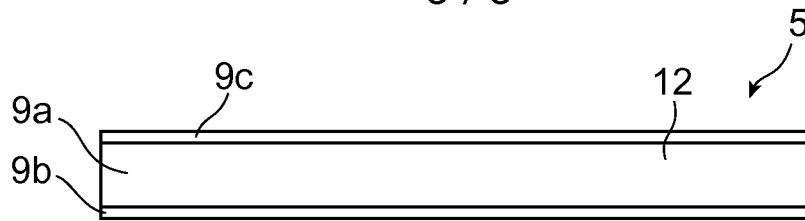


FIG. 14A

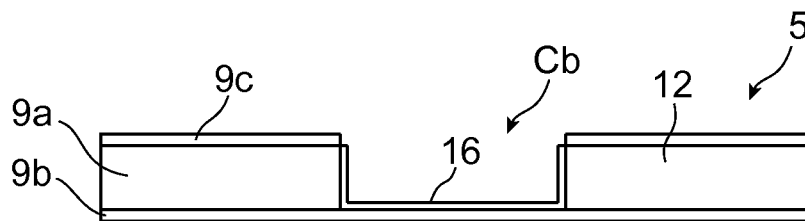


FIG. 14B

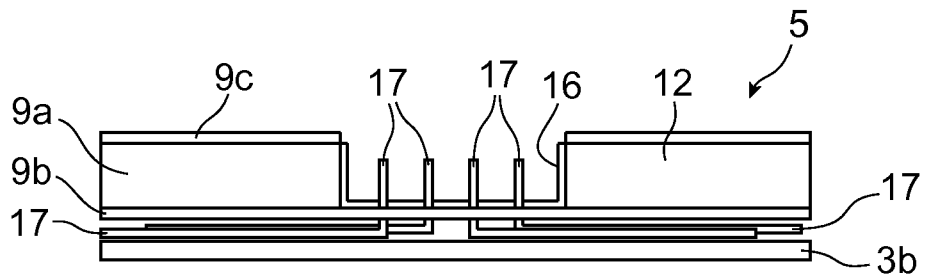


FIG. 14C

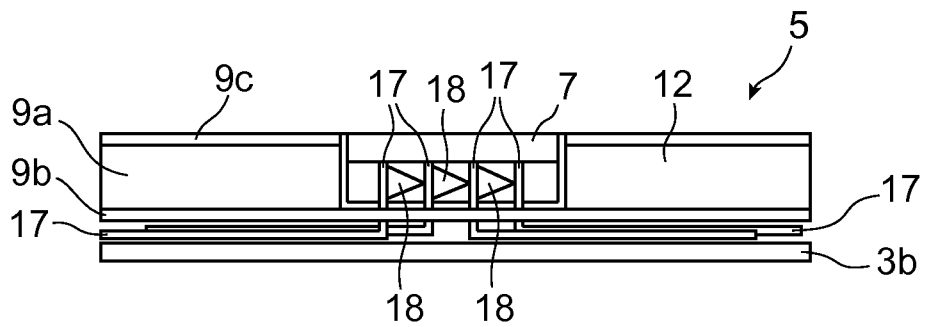


FIG. 14D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077587

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L31/049 H01L31/18
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/238468 A1 (BROUNNE MARCEL [NL]) 28 August 2014 (2014-08-28) paragraphs [0038], [0072]; figure 1 -----	1-34
X	WO 2015/150586 A1 (STICHTING ENERGIE [NL]) 8 October 2015 (2015-10-08) the whole document -----	1-27
X	US 7 985 919 B1 (ROSCHEISEN MARTIN [US] ET AL) 26 July 2011 (2011-07-26) column 13; figure 8 -----	1-27
X	US 2014/290744 A1 (HOOD THOMAS G [US]) 2 October 2014 (2014-10-02) paragraph [0061]; figures 2-5 -----	1-34
	-/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 February 2017

Date of mailing of the international search report

22/02/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Le Meur, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/077587

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/019829 A1 (STANCEL ROBERT [US]; ADRIANI PAUL [US]; BASEL LOUIS [US]; JALBERT JOSE) 18 February 2010 (2010-02-18) cited in the application paragraph [0076]; figure 16 -----	1
A	US 2012/174967 A1 (PEARCE DAVID B [US] ET AL) 12 July 2012 (2012-07-12) paragraph [0115]; figures 3, 4, 26 -----	16,17, 24-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/077587

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014238468 A1	28-08-2014	CN 105027304 A	04-11-2015
		EP 2959517 A1	30-12-2015
		US 2014238468 A1	28-08-2014
		WO 2014128581 A1	28-08-2014
WO 2015150586 A1	08-10-2015	NL 2012560 A	21-01-2016
		TW 201543704 A	16-11-2015
		WO 2015150586 A1	08-10-2015
US 7985919 B1	26-07-2011	NONE	
US 2014290744 A1	02-10-2014	CN 104040728 A	10-09-2014
		EP 2780948 A1	24-09-2014
		JP 2015502659 A	22-01-2015
		KR 20140095554 A	01-08-2014
		US 2014290744 A1	02-10-2014
		WO 2013074224 A1	23-05-2013
WO 2010019829 A1	18-02-2010	US 2010065116 A1	18-03-2010
		WO 2010019829 A1	18-02-2010
US 2012174967 A1	12-07-2012	CN 103493217 A	01-01-2014
		EP 2664006 A2	20-11-2013
		US 2012174967 A1	12-07-2012
		WO 2012096998 A2	19-07-2012

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H01L31/049 H01L31/18
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2014/238468 A1 (BROUNNE MARCEL [NL]) 28 août 2014 (2014-08-28) alinéas [0038], [0072]; figure 1 -----	1-34
X	WO 2015/150586 A1 (STICHTING ENERGIE [NL]) 8 octobre 2015 (2015-10-08) le document en entier -----	1-27
X	US 7 985 919 B1 (ROSCHEISEN MARTIN [US] ET AL) 26 juillet 2011 (2011-07-26) colonne 13; figure 8 -----	1-27
X	US 2014/290744 A1 (HOOD THOMAS G [US]) 2 octobre 2014 (2014-10-02) alinéa [0061]; figures 2-5 ----- -/-	1-34



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 février 2017

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

22/02/2017

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Le Meur, M

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2010/019829 A1 (STANCEL ROBERT [US]; ADRIANI PAUL [US]; BASEL LOUIS [US]; JALBERT JOSE) 18 février 2010 (2010-02-18) cité dans la demande alinéa [0076]; figure 16 -----	1
A	US 2012/174967 A1 (PEARCE DAVID B [US] ET AL) 12 juillet 2012 (2012-07-12) alinéa [0115]; figures 3, 4, 26 -----	16,17, 24-26

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/077587

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2014238468	A1	28-08-2014	CN 105027304 A	04-11-2015
			EP 2959517 A1	30-12-2015
			US 2014238468 A1	28-08-2014
			WO 2014128581 A1	28-08-2014

WO 2015150586	A1	08-10-2015	NL 2012560 A	21-01-2016
			TW 201543704 A	16-11-2015
			WO 2015150586 A1	08-10-2015

US 7985919	B1	26-07-2011	AUCUN	

US 2014290744	A1	02-10-2014	CN 104040728 A	10-09-2014
			EP 2780948 A1	24-09-2014
			JP 2015502659 A	22-01-2015
			KR 20140095554 A	01-08-2014
			US 2014290744 A1	02-10-2014
			WO 2013074224 A1	23-05-2013

WO 2010019829	A1	18-02-2010	US 2010065116 A1	18-03-2010
			WO 2010019829 A1	18-02-2010

US 2012174967	A1	12-07-2012	CN 103493217 A	01-01-2014
			EP 2664006 A2	20-11-2013
			US 2012174967 A1	12-07-2012
			WO 2012096998 A2	19-07-2012
